



ØG-DDB Teknisk Rapport

Afrapportering af projektet: Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri (byggeriets digitalisering)

Vestergaard, Flemming; Karlshøj, Jan; Hauch, Peter; Lambrecht, Jan; Mouritsen, Jan

Publication date:
2012

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Vestergaard, F., Karlshøj, J., Hauch, P., Lambrecht, J., & Mouritsen, J. (2012). *ØG-DDB Teknisk Rapport: Afrapportering af projektet: Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri (byggeriets digitalisering)*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering. DTU Byg Rapport SR No. 12-06

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

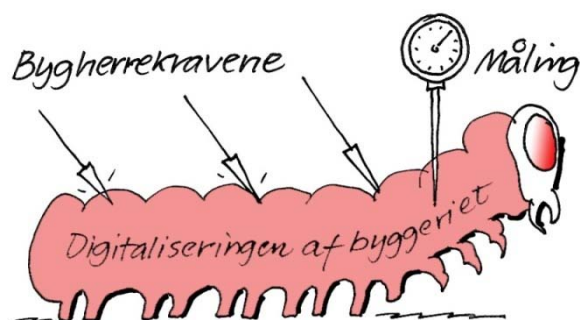
Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri

Et forskningsprojekt finansieret af Klima-, Energi-, og Bygningsministeriet

ØG-DDB Teknisk Rapport

Afrapportering af projektet:

**Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri
(byggeriets digitalisering)**



DTU Byg Rapport SR 12-06

Forfattere:

ØG-DDB projektgruppen består af:

Flemming Vestergaard, DTU Byg

Jan Karlshøj, DTU Byg

Peter Hauch, Arkidata

Jan Lambrecht, TI og DS

Jan Mouritsen, CBS, Department of Operations Management

DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet

Bygningsstyrelsen



DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg



BYGNINGSSTYRELSEN
Klima-, Energi- og Bygningsministeriet

Samlet materiale:

4 casebeskrivelser:

Case01 BIM hos mindre arkitektrådgiver

Case02 BIM hos større ingeniørrådgiver

Case03 BIM hos driftsherre og byg- og driftsherrerådgiver

Case04 BIM hos større entreprenør

Metodemanualen ØG-MM

Dette er metodegrundlaget. Det består af en **Casestudiedrejebog**, der beskriver processen samt værktøjerne, **Effektivreringsskema**, i form af regneark med tematiske faneblade.

ØG-DDB Teknisk rapport (dette dokument)

Her kan man læse om baggrunden for casestudierne, de væsentlige indikatorer og en generel opsamling af resultaterne fra casestudierne.

ØG-DDB Litteraturliste

Her er den anvendte litteratur samlet og behandlet i et regneark.

Intern dokumentation:

Udfyldte effektivreringsskemaer og andre skemaer for hver case.

Her vil man mere detaljeret kunne finde data fra casestudierne.

Referater fra møder med medarbejdere fra de virksomheder, der indgår i de enkelte cases.

Illustrationer: Flemming Vestergaard

Forord

Nærværende rapport er den tekniske slutrapport for projektet *Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri (byggeriets digitalisering)*. Projektet er finansieret af Klima-, Energi og Bygningsstyrelsen og har haft en projektperiode fra medio 2009 til primo 2012. Projektet er udført på DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet.

Målet med projektet var at udføre 4 casestudier, der beskriver effekterne af implementeringen af digitale og modelbaserede arbejdsmetoder og værktøjer i den danske byggesektor, specielt efter tidspunktet, hvor Det Digitale Byggeri's bygherrekrav har været gældende. Foruden de 4 casestudiebeskrivelser foreligger der et metodeværktøj, *Metodemanualen ØG-MM*, der beskriver fremgangsmåden ved casestudierne og værktøjer til effektmåling m.m.

Alle publikationer kan downloades fra www.byg.dtu.dk og fra www.bygst.dk.

Projektgruppen vil gerne takke Klima-, Energi og Bygningsstyrelsen for finansieringen af projektet og for et godt samarbejde i projektperioden, specielt en tak til Morten Steffensen fra Bygningsstyrelsen, som har givet konstruktive feedbacks i forløbet og under afrapporteringen. Endvidere en tak til Følgegruppen for projektet, som har bidraget med faglige input undervejs. Endelig en stor tak til alle de aktører fra casene, som har bidraget med information samt tid og synspunkter. Specielt en tak til de virksomheder, der overordnet har stillet projekter og viden til rådighed for de 4 cases: Tværsnit arkitekter, Rambøll Danmark A/S, MT Højgaard A/S og Professionshøjskolen UCC.

Læsevejledning:

Denne rapport er primært en teknisk rapport. Men for at give en hurtig indføring i præmisserne for opgaven og dens hovedresultater, er der udarbejdet et resume, som er placeret som kapitel 1 i rapporten. Resume'et er fyldigt, således at læseren kan få de vigtigste resultater og konklusioner ved alene at læse dette. Vil man gå mere i dybden, må man gå længere ind i rapporten og læse de relevante kapitler. Det skal også her nævnes, at metoden er meget kortfattet beskrevet i denne rapport. Vil man vide mere henvises til *Metodemanualen ØG-MM*.

Flemming Vestergaard
Jan Karlshøj
Peter Hauch
Jan Lambrecht
Jan Mouritsen

April 2012
Danmarks Tekniske Universitet

Indholdsfortegnelse

1	Resume	6
2	Indledning	16
2.1	Initiativet til projektet	16
2.2	Konsortiet bag projektet	16
2.3	Forskningsprojektets indhold	16
2.4	Angrebsvinkel for projektet	18
2.5	Metodegrundlaget	21
2.6	Projektets leverancer	22
3	Målingen af økonomiske gevinster og omkostninger	22
3.1	Implementeringsudgifter bundet til projekter	22
3.2	Problemer omkring afskrivninger	22
3.3	Måling contra vurdering	23
3.4	Udgifter som investeringer	23
3.5	Måling på projekt- og virksomhedsniveau og på delprocesniveau.....	23
3.6	Informationsdybde som del af analyseværktøjet	24
4	Litteraturstudier og beskrivelser af andre cases.....	24
4.1	Forskellige typer af litteratur	24
4.2	Litteratursøgning og søgeresultater	26
4.3	Markante udsagn om teori, målemetoder og måling	27
4.4	Markante forskelle mellem målemetoden i ØG-DDB og i cases fra litteraturen	28
4.5	Omkostnings- og gevinsttyper i litteraturen	31
5	Potentialer ved digitalisering	32
5.1	Samlede gevinstpotentialer for IKT-koncepter	32
5.2	Potentialelisten	33
6	Indikatorer for effekter	42
6.1	Generelt	42
6.2	Informationsdybde	42
6.3	Modelniveauer.....	44
6.4	Integrationsniveauer.....	45
6.5	Samarbejdsniveau - teknisk	47
6.6	Forskellige analyse- og målgruppeniveauer	48
6.7	Identificering af gevinster	50
6.8	Forudsætningskæder og risikovurdering	52
7	Metodegrundlaget.....	53
7.1	Det oprindelige metodegrundlag.....	53

7.2	Det reviderede metodegrundlag.....	54
7.3	De metodemæssige beslutninger.....	56
8	Valg af cases og deres karakteristika	56
8.1	Baggrunden	56
8.2	Værdianalysen.....	57
8.3	Den konkrete udvælgelse af cases	57
8.4	De 4 udvalgte cases	58
8.5	Casene fordelt på faser	59
8.6	Casene fordelt på hovedaktiviteter	60
8.7	Casene fordelt på modelniveauer	60
8.8	Casene fordelt på udveksling/samarbejd	61
9	Casebeskrivelse 01: BIM hos mindre arkitektrådgiver	62
9.1	Sammenfatning	62
10	Casebeskrivelse 02: BIM hos større ingeniørrådgiver	63
10.1	Sammenfatning	63
11	Casebeskrivelse 03: BIM hos driftsherre og byg- og driftsherrerådgiver	65
11.1	Sammenfatning	65
12	Casebeskrivelse 04: BIM hos større entreprenør	67
12.1	Sammenfatning	67
13	Opsamling af resultater fra de 4 cases	69
13.1	Casestudiernes dækningsområde	69
13.2	Nogle tendenser og indikatorer i casestudierne	70
13.3	Man kan gradvist gå fra dokument- til modelbaseret arbejdsmetode med gevinster	70
13.4	Der er generelt gode erfaringer med IKT implementering	72
13.5	Man kan tage små skridt uden de store omkostninger	74
13.6	Genbrug af data giver gevinster.....	76
13.7	Investering i IKT/BIM giver gevinster og gavner alle.....	77
13.8	Hvor ligger gevinsterne og af hvilken type.....	80
13.9	De væsentligste effektområder i casene	83
14	Erfaringsopsamling fra processen.....	87
15	Appendix 1: Kilder	91
15.1	Referencer:	91
15.2	Litteraturliste:	93
16	Appendix 2: Ordforklaring og definitioner	94

1 Resume

Baggrund

Produktiviteten i den danske byggesektor har i mange år haft en markant lavere stigningsstakt end anden industri. Fænomenet er ikke alene dansk, men kan også konstateres i sammenlignelige lande, som eksempelvis de andre nordiske lande og USA. Forklaringen ligger ikke alene i en 'konservativ' sektor, men skal snarere findes i det forhold, at ethvert byggeprojekt i stort omfang er en unik produktion, hvori der indgår et stort antal specialiserede virksomheder, hvor konstellationen af virksomheder skifter fra gang til gang. De specialiserede virksomheder har hver deres faglige rolle og det som projektorganisationen betinger, er et stort omfang af informationsudveksling mellem parterne. Digitaliseringen af byggeriet ses derfor som en teknologi, som kan være med til at løse produktivetsproblemet i og med at digitale informationer er hurtigere at udveksle og manipulere.

I den første digitaliseringsbølge blev CAD, beregningssoftware, tekstbehandling m.m. introduceret i sektoren, og det gav en produktivetsstigning i de virksomheder, som implementerede dem, specielt ved suboptimering af interne processer, eksempelvis ved produktion af digitale tegninger i 2D. Udvekslingsområdet blev ikke udnyttet tilstrækkeligt, hvilket medførte nogle begrænsninger i anvendelserne og effekterne.

I den anden digitaliseringsbølge introduceres Bygnings Informations Modeller (BIM). Denne teknologi repræsenterer et paradigmeskift, hvor man går fra dokumentbaserede metoder til modelbaserede. Tidligere arbejdede man i en modelrepræsentation, eksempelvis en 2D tegning. Med BIM arbejder man nu direkte i den digitale bygningsmodel med en 3D repræsentation, hvor alle bygningsdele og rum er objekter med tilknyttede egenskaber. BIM konceptet, i betydningen et fælles datareservoir for et projekt, er konsistent og nemt at forstå og løser en række af de dokumentbaserede metoders tekniske problemer vedrørende udveksling, datakonsistens og redundans.

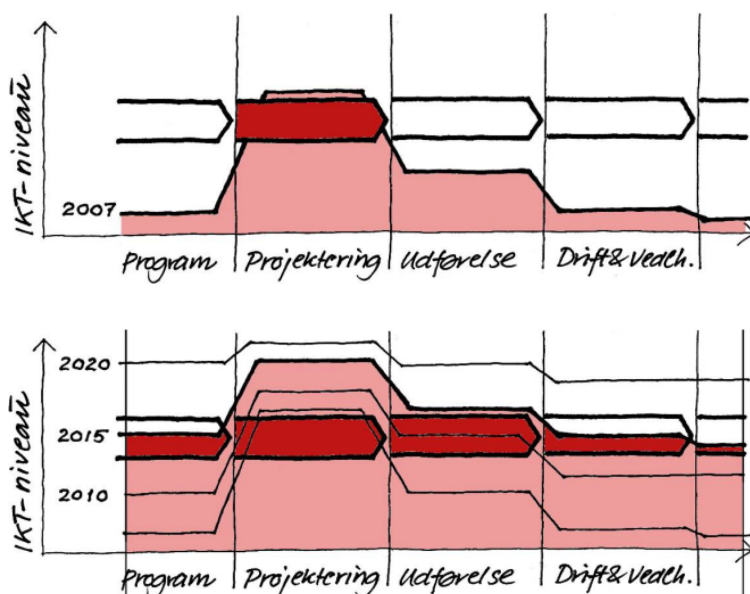
Det Digitale Byggeri og digitaliseringen af byggeriet

På trods af de åbenbare potentialer, der ligger i BIM, foregår implementeringen af denne nye IKT teknologi trægt. For at sætte skub i udviklingen i Danmark blev initiativet Det Digitale Byggeri (DDB) sat i søen. Indenfor rammerne af DDB blev der udviklet nogle grundlæggende standardiseringer primært indenfor byggeklassifikation (Dansk ByggeKlassifikation) og på det metodiske område (3D arbejdsmetode). For at push'e udviklingen blev der fra 1. Januar 2007 sat krav for statslige bygherrer til at forlange en række ydelser fra deres projektparter, som forudsætter digitalisering og delvist en modelbaseret arbejdsmetode. Der blev samtidigt udarbejdet en række casestudier, der gennem beskrivelser af best-practise skulle overbevise byggeriets aktører om rationalet ved at arbejde modelbaseret. Der var imidlertid på dette tidlige tidspunkt ikke mange gode best-practise eksempler i sektoren på en teknologi, som ikke var implementeret i nævneværdigt omfang. En anden begrænsning for implementeringen var at standardiseringsprojekterne ikke havde nået en færdighedsgrad, så de kunne anvendes direkte med effekt.

Efter Det Digitale Byggeri blev der gennemført en implementeringsindsats gennem Implementeringsnetværket, som var forankret hos Dansk Byggeri. Problemet ved implementering af IKT/BIM er, at det ikke alene er noget der påvirker den enkelte virksomhed, men skal ses i sammenhæng med de andre parter og virksomheder, man indgår projektsamarbejde med. Bygherrekravene blev revideret i 2010 og kommer fra midten af 2012 til at gælde for alt offentligt (stat, regioner, kommuner, det almennyttige) byggeri, nybyggeri og renovering. Det private byggeri bliver indirekte påvirket, da mange af de faglige aktører arbejder indenfor begge domæner (offentligt og privat). På trods af de store potentialer, som alle er enige om ligger i BIM, er implementeringstakten stadig langsom, og det gælder ikke bare i Dan-

mark, men også i lande, vi normalt sammenligner os med (UK, Sverige, Norge). Der er i sektoren en stor usikkerhed om, hvad denne nye teknologi indebærer. Hvor store er omkostningerne ved implementering og hvor store gevinster kan man forvente på kort og længere sigt.

Der er nationalt og specielt internationalt udført en række forskningsprojekter, surveys og casestudier, der behandler BIM i en byggerikontekst og implementeringen af BIM i brancher og virksomheder. Survey'ene giver information om udviklingstakten mellem forskellige brancher og på forskellige områder set over tid. De fortæller samstemmende, at implementeringen stiger i omfang, men dog ikke med det forventede tempo, og at skepsis er faldende hos den gruppe, som endnu ikke har tilegnet sig teknologien. Casestudierne fremviser store gevinster, og specielt store gevinstpotentialer. En række rapporter beskriver de mulige gevinster, der ligger i teknologien, og hvilke tab, der ligger i ikke at gøre det. NIST rapporten fra USA i 2004 [NIST] anslår en årlig omkostning ved manglende dataudveksling i den amerikanske byggesektor på 15,8 mia. dollars, og den danske COWI rapport [E&B] fra 2009 anslår en besparelse på 17 mia. kr. ved digitalisering af primært bygningsdrift. De casestudier, der behandler området, er ofte bundet op til BIM entusiaster og/eller støttet af softwarehusene. Resultaterne fra casestudierne er ofte generelle beskrivelser, der ikke i et tilstrækkeligt omfang beskriver barriererne, konteksten og de forudsætninger, der skal være til stede for at man kan nyttiggøre resultaterne i egen virksomhed. Det er således vanskeligt at få et retvisende billede af, hvad en ændring i arbejdsmetoderne betyder i den enkelte virksomhed for omkostninger, gevinstmuligheder, kompetenceløft, samarbejdsrelationer osv.



Diagrammet illustrerer informationsdybden mellem de forskellige faser og dermed også mellem de forskellige faggrupper. Illustrationen er fra 'Visionen for Det Digitale Byggeri: En fælles referenceramme for implementeringen' fra 2007 [VEST] og viser at rådgiverne var først på banen (til venster) og nødvendigheden af at entreprenører og byg- og driftsherrer også kommer med.

Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri

Det er denne problemstilling, som dette projekt tager op. Der er i de sidste 10 år foregået en betydelig implementering af IKT-værktøjer og digitalisering i arbejdsmetoderne, hjulpet godt på vej af Det Digitale Byggeris fundamentsprojekter og bygherrekravene og den efterfølgende implementeringsindsats. Indsatsen har i første omgang ligget hos rådgivergruppen, både arkitekter og rådgivende ingeniører. Dette er naturligt, da det er i planlægningsfasen de digitale bygningsmodellerne skabes, så det er her man i første omgang anvender 3D modellerings- og beregningsværktøjer. Rådgivergruppen er også den gruppe der er bedst repræsenteret i BIM udviklingsprojekter, både under Det Digitale Byggeri's projekter og i den efterfølgende periode. Imidlertid er der de senere år sporet en voksende interesse fra entreprenørernes og fra byg- og driftsherrerne side. Dette er en vigtig udvikling, da den nye teknologi først viser sit

sande potentiale gennem et integreret samarbejde mellem flere af de mange parter, der indgår i et projekt. Denne problemstilling er der taget højde for i dette projekt ved udvælgelsen af de cases, der er underkastet casestudier. For det første er der ikke taget udgangspunkt i byggeprojekter, men i virksomhedstyper, der repræsenterer innovation, og for det andet er der valgt repræsentanter for væsentlige aktørgrupper, der tegner byggesektoren. De 4 casestudier, som er gennemført, er således fokus på nogle hovedaktører, som repræsenterer en mindre rådgiver (en arkitekt), en større rådgiver (en ingeniør), en større entreprenør og en byg- og driftsherre med rådgiver. Andre aktørgrupper bliver indirekte behandlet gennem deres relation til de byggeprojekter, der underkastes målinger.

Casestudierne og metodeapparatet

Projektet er casestudie baseret, hvilket medfører nogle begrænsninger i tolkningen og anvendelsen af resultaterne. Statistiske undersøgelser giver overordnede tendenser for en relativ udvikling, hvor fordelene ved casestudier er, at man kan behandle et byggeprojekt og de parter, der indgår, på en meget konkret og detaljeret måde, således at resultaterne er operationelle for målgruppen. Projektgruppen har bestræbt sig på, gennem et omfattende metodeapparat, at få beskrevet de kontekstmæssige forhold for byggeprojekterne og hos parterne samt den række af forudsætninger, der ligger bag en vellykket implementering for at give et så konkret og retvisende billede af effekterne, så en læser kan tolke resultaterne i sin egen virksomhedskontekst.

Metodemæssigt bygger dette projekt på tidligere erfaringer fra DDB's 'Bedst i Byggeriet' og international forskning. Metoden er undervejs blevet forenklet til et i forhold til målsætningen, passende niveau. Casestudieprocessen starter med en analysefase, hvor casekandidater udvælges og hvor værdi og potentialer ved en IKT-implementering vurderes. Til dette arbejde er der i projektet udviklet en 'Potentialeliste', som anvendes som check-liste i casestudiet, og som projektgruppen vurderer i sig selv at være et nyttigt værktøj for sektorens virksomheder til at lokalisere mulige gevinstområder. Potentialelisten kan findes i kapitel 5: *Potentialer ved digitalisering*. Herefter gennemføres målingerne hos de involverede virksomheder med Effektvurderingsværktøjet. Endelig opsamles resultaterne og bliver vurderet i projektgruppen for at kunne kontrollere de indhentede informationer og for at kunne sætte dem ind i den forklaringsramme, som er nævnt tidligere vedr. kontekst, forudsætningskæde, målgruppe m.m. Metoden kræver således en projektgruppe, som er fagligt klædt på til at gennemføre sådanne analyser.

De 4 casestudier kan således betragtes som konkrete eksempler på 'state of the art' for digitalisering og BIM baseret implementering i Danmark i perioden 2010-2012, og kan dermed give et billede af det niveau, man er nået til i dag i den udviklingsproces, der bl.a. blev initieret af Det Digitale Byggeri. Samtidig vil der foregå en vidеноverførsel fra aktørerne i casene til den samlede byggesektor. Casebeskrivelserne skal opfattes som et idékatalog og en inspirationskilde til byggeriets parter til at få konkret viden til at træffe beslutninger om implementering af IKT og modelbaserede arbejdsmetoder i deres virksomheder. Der henvises til kapitel 7: *Metodegrundlaget*, samt *Metodemanualen ØG-MM*.

Måling i casestudierne på IKT-koncept i delprocesser

En stor udfordring i projektet har været at finde og måle de økonomiske gevinster ved implementeringen den nye teknologi. Virksomhedernes regnskaber har typisk ingen konto for investering i IKT, udvikling af medarbejderkompetencer m.v. Investeringer og implementeringsudgifter finansieres typisk af det enkelte projektbudget, hvor det straks afskrives, snarere end af et generelt virksomhedsbudget, hvor de kan fordeles/afskrives over flere projekter og over flere gennemløb. Tilsvarende kan de økonomiske konsekvenser ved implementeringen kun sjældent måles direkte som gevinster, da teknologien og de nye metoders påvirkning af processerne ikke monitoreres og underkastes økonomiske analyser som ROI (Return Of Investment). De mulige gevinster er igen gemt i de enkelte projektregnskaber, selv om der reelt foregår værdioverførsel fra et projekt til et andet og fra en delproces til en anden. Projektgruppen

håndterer dette ved at spørge ind til og vurdere gevinster så konkret som det kan lade sig gøre, ved at opgøre gevinsten i kr., % eller niveau, og ved at identificere gevinsten som direkte, indirekte og afledt. En del af gevinsterne kan måles absolut, men de fleste skal beregnes eller vurderes/estimeres.

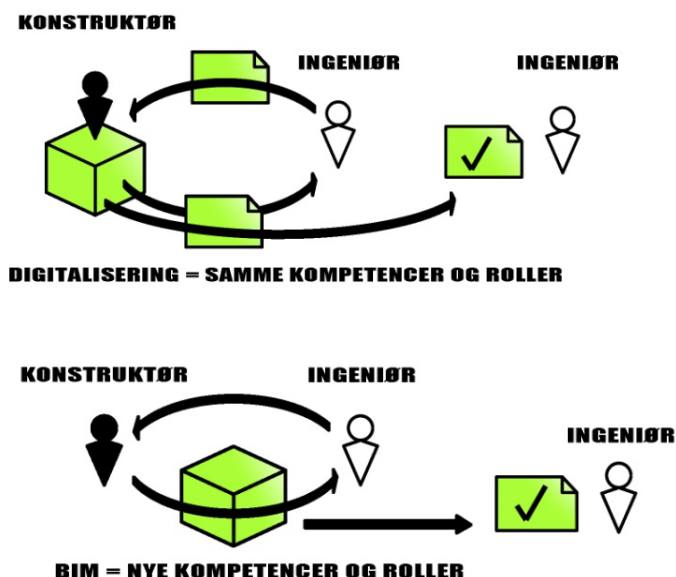
Da omkostninger og gevinster ikke nødvendigvis er placeret i samme virksomhed skelnes mellem gevinster på forskellige niveauer: projektniveau, virksomhedsniveau og delprocesniveau. Dette for at kunne differentiere gevinstpotentialer på en sådan måde, at man kan identificere gevinster, der har betydning for virksomheden, for projektet og for byggesektoren/samfundet.

Der henvises til kapitel 3: *Målingen af økonomiske gevinster og omkostninger.*

Generelt om at gå fra en dokument- til en modelbaseret arbejdsmetode

En af Det Digitale Byggeris største bedrifter var at sætte model- og objektbaseret arbejdsmetode på dagsordenen i den danske byggesektor og at fremme udviklingen fra at informationsudveksling foregår via datarepræsentationer i form af dokumenter til at det foregår via de 'rene' digitale datamodeller. Ser man eksempelvis på tegningsaktiviteten betyder det, at man går fra 2D tegningen med symboler og tekstnoter, som skal tolkes visuelt, til digitale 3D bygningsmodeller indeholdende objekter med tilknyttede egenskaber, som kan udveksles digitalt og er maskinlæsbare.

At introducere en 3D arbejdsmetode giver en lang række fordele og har samtidig en række ulemper. En væsentlig fordel blandt mange er, at når data ligger i digitalt form og følger en standardiseret struktur kan man automatisk flytte data fra en platform til en anden og derved spare genindtastning og undgå fejl ved overførslen. Samtidigt lettes tilgangen til data og data er editerbare. En ulempe er, at man skal implementere en helt ny, objektbaseret arbejdsmetode i sin organisation, hvor der i forvejen ligger en indarbejdet, dokumentbaseret arbejdsmetode, samt at medarbejderne skal løftes kompetencemæssigt til et niveau svarende til de nye objektbaserede værktøjer og metoder.



Illustrationerne viser et eksempel på en overgang mellem en dokumentbaseret og en modelbaseret arbejdsmetode. Processen er kvalitetssikring og godkendelse af tegninger. Øverst ses en eksisterende proces, hvor tegningerne er genereret fra en bygningsmodel, men hvor kontrollen foregår dokumentbaseret. Nederst ses en proces, hvor kontrollen nu er modelbaseret gennem kollisionskontrol. Denne sidste proces er meget tidsbesparende og sikker. Illustration: Flemming Vestergaard og Casper Gullach.

I de enkelte casebeskrivelser listes de konkrete gevinster ved at arbejde modelbaseret. Tilsvarende diskuteres forudsætningskæden i 4 hovedgrupper omhandlende de teknologiske, de kompetencemæssige,

de organisatoriske og de lovgivningsmæssige barrierer. Der henvises til de enkelte *Casebeskrivelser* (case01, -02, -03, -04).

Nogle generelle tendenser

Casestudierne repræsenterer specifikke aktører i specifikke projekter. Casebeskrivelserne er meget detaljerede og indeholder forudsætningerne for effekterne og dermed en risikovurdering, der kan anvendes i en konkret implementeringssammenhæng i en virksomhed. Man skal derimod være varsom med at generalisere resultaterne, og anvende dem i en helt anden kontekst. Projektgruppen har imidlertid under arbejdet fundet en række forhold, som har en mere generel karakter, og som viser nogle sammenhænge mellem karakteristika for fag, projekter og virksomhedstyper. Disse tendenser vil være nyttige for de af byggeriets aktører, der overvejer eller står umiddelbart overfor at skulle træffe beslutninger om implementering af ny IKT og arbejdsmetoder. Disse tendenser beskrives i det følgende i en række overskrifter med en kort tekst. For en mere udførlig beskrivelse henvises til kapitel 13: *Opsamling af resultater fra de 4 cases*.

- ***Man kan gradvist gå fra dokument- til modelbaseret arbejdsmetode med gevinster***

Skiftet fra en dokumentbaseret metode til en modelbaseret betegnes ofte som et paradigmeskift, i betydningen, at de to metoder er så forskellige, at de ikke kan forenes indenfor en fælles ramme. Casestudierne viser et andet billede. Det er karakteristisk for samtlige cases, at der i virksomheder og projekter er opstået hybrider af de to arbejdsmetoder, således at visse funktioner gradvist implementeres modelbaseret mens de resterende opretholdes dokumentbaseret. Case04 viser en entreprenør med en rådgiverfunktion, der implementerer tegningsgenereringen modelbaseret, mens virksomhedens udførelsessektion opretholder den dokumentbaserede tilgang. Case02 repræsenterer et højere IKT-niveau, hvor en lang række delprocesser er modelbaserede. Her kan der identificeres genbrug og dermed rationaliseringsgevinster på et højere plan. Det skal dog pointeres, at ikke alle processer er modelbaserede, hvorfor alle potentialer ikke er indfriet. Case01 viser en arkitektvirksomhed, hvor den modelbaserede arbejdsmetode er indarbejdet i meget stor udstrækning. At det kan lade sig gøre skyldes dels, at væsentlige funktioner som udarbejdelse af dispositionsplanforslag, myndighedsprojekt og hovedprojekt er den samme type aktivitet (projektering, tegningsfremstilling) og dels, at forretningsmodellen og antallet af delprocesser er mindre (minus beregninger, simuleringer m.m.). De delprocesser, der er repræsenteret, er generisk modelorienterede (kollisionskontrol, visualisering m.m.). Den sidste case, case03, repræsenterer et koncept, hvor byg- og driftsherren i princippet fortsætter sine dokumentbaserede rutiner, og hvor man tilknytter en ekstern konsulent til at forestå en række styrings- og kontrolfunktioner modelbaseret. Dette vurderes til at skabe værdi for hele projektet, specielt i den senere driftsfase. Altså en out-sourcet løsning, hvor man regner med at få det bedste fra de to verdener.

Hvis man ser på omfanget af gevinster kan man konstatere, at de cases der repræsenterer det største omfang af modelbaserede metoder i det største antal delprocesser også er dem, der fremviser de bedste resultater.

- **Man kan gradvist erstatte en dokumentbaseret arbejdsmetode med en modelbaseret**
- **Man kan starte med de simple modelbaserede aktiviteter som eksempelvis tegningsgenerering og kollisionskontrol**
- **Man kan opnå gevinster med en mindre implementering af værktøjer og arbejdsmetoder**
- **De cases, der repræsenterer det største omfang af modelbaserede metoder i det største antal delprocesser, er også dem, der fremviser de bedste resultater**

- ***Der er generelt gode erfaringer med IKT-implementering***

Alle interviewede casedeltagere, som har implementeret IKT og modelbaserede arbejdsmetoder i deres faglige praksis, vil fortsætte med at anvende dem i kommende projekter. Der er i ingen af casene konstateret så dårlige erfaringer, at man vil vende tilbage til de tidligere arbejdsgange. Et af de vægtigste udsagn i denne forbindelse kommer fra case02, hvor projektlederen i case02, som ikke tidligere havde erfaring med BIM, udtalte efter projektets afslutning, at arbejdsmetoden levede op til hans forventninger, og at han ikke kan forestille sig at deltage i et projekt uden en BIM baseret arbejdsmetode. Dette skyldes primært den større sikkerhed for koordineringen af de forskellige fagdiscipliner samt validiteten af data, som den modelbaserede metode medfører.

Overvejelserne vedrørende implementering går ikke så meget på, om man skal implementere, men snarere på hvornår. Grunden til at det er gået lidt langsomt for visse grupper i casene bunder i usikkerheden om konsekvenserne ved at skifte arbejdsmetode og værktøjer samt usikkerhed om forudsætningerne (kompetencer, tid m.m.) er på plads. Hertil kommer der også en del vanetænkning og en fastlåst rollefordeling mellem parter og internt i virksomhederne (case04). Det Digitale Byggeri, specielt bygherrekravene, har haft stor indflydelse på at reducere denne inkubationstid før man beslutter sig for at implementere. Opfyldelsen af bygherrekravene er endnu et incitament for implementering, da det giver adgang til statslige byggeopgaver. Det er ikke determinerende, da den private sektor er stor og da bygherrekravene kan opfyldes på forskellige IKT-niveauer. Så incitamentet ligger lige så meget på forventningen om gevinster samt forventning om krav fra sine samarbejdspartnere.

Der er dog identificeret en række forhindringer for implementering. Der er teknologiske og kompetencemæssige og organisatoriske barrierer. De løses i første omgang ved at gå udenom dem, dvs. at man implementerer de steder, hvor det skaber værdi og hvor forudsætningskravene ikke er for store.

- **Alle der har implementeret modelbaserede arbejdsmetoder i projekterne vil fortsætte med det i kommende projekter.**
- **3D arbejdsmetode giver større sikkerhed for koordineringen af de forskellige fagdiscipliner samt validiteten af data.**
- **Det handler ikke om man skal anvende BIM, men om hvornår.**
- **Bygherrekravene er et incitament for denne udvikling.**
- **3D arbejdsmetodens krav til integration skaber et godt samarbejdsklima.**

- ***Man kan tage små skridt uden de store omkostninger***

I det samlede Bygnings Informations Modellerings koncept (BIM) ligger en høj grad af integration og dataudveksling mellem byggeriets parter og byggeriets samlede processer. Det er også gennem dette integrerede samarbejde, der i litteraturen beskrives at være de største rationaliseringsgevinster. Det Digitale Byggeri's bygherrekrav havde (BEK nr. 1365) og har (BEK nr. 1381) stadig fokus på denne integration ved at de enkelte bygherrekrav enten har fokus på tværdisciplinære områder som projektweb og klassifikation (DBK), eller har fokus på grænsefladerne mellem faserne, udbud og aflevering. Bygherrekrav nr. 3 (BEK nr. 1381 vedr. anvendelse af bygningsmodeller i 3D) henvender sig direkte til indholdet i faserne, hvor kravet er, udover idé- og projektkonkurrencer, at hver af de projekterende parter skal udarbejde fagmodeller indenfor deres respektive ansvarsområder, og at der som minimum skal udarbejdes én fællesmodel, hvor det er meningen at den skal anvendes til koordinering og konsistenskontrol.

Endvidere skal fagmodeller og fællesmodeller stilles til rådighed for de udførende, hvor det er meningen, at de skal anvendes i udførelsesfasen.

Når man ser på projekteringsfasen i den overordnede fasestruktur, der er gældende for dansk byggeri i dag, er det her bygningsmodellerne bliver skabt. Det er her de initiale omkostninger ved modelopbygningen er lokaliseret og hovedaktørerne her er rådgiverne, hvor de primære er arkitekt- og ingeniørrådgiverne. Disse to grupper har, som forventet, været toneangivende i implementeringen af 3D arbejds-metode i den danske byggesektor. Dette skyldes ikke alene bygherrekravene, men også at grundlaget for at arbejde med BIM er at udarbejde digitale modeller af byggeprojekterne som en mere intelligent erstatning for 2D modelrepræsentationerne i form af tegninger. Når man ser på casene, er det også de to cases, der direkte har fokus på rådgiverne, der er kommet længst i udarbejdelsen af fagmodeller (case01 og -02). Case03 repræsenterer i virkeligheden en fagspecifik modeltype, der er målrettet mod delprocesserne styring, konsistenskontrol, fremdrift og dataopsamling. Case04 repræsenterer en konstruktionsfagmodel målrettet tegningsgenerering (i princippet en 3D geometrimodel).

- **Man kan gradvist erstatte CAD-værktøjer med modelbaserede værktøjer og få gevinster.**
- **De første gevinster kan ligge i en suboptimering af kendte processer, man udfører i forvejen og have en strategi om yderligere implementering.**
- **Med en relativ lille investering kan en virksomhed tage de første trin mod at ændre arbejds-metoden fra dokumentbaseret til modelbaseret.**
- **En modelbaseret arbejdsmetode kan sameksistere med en dokumentbaseret og give gevinster.**
- **Det er ikke værktøjerne, der er omkostningskrævende, men implementeringen i arbejdsprocesser, at opkvalificere medarbejdere og lave aftaler med partnere.**
- **Virksomhedsstørrelsen er ingen hindring. En mindre virksomhed kan implementere i hele virksomheden, den større virksomhed i dele af virksomheden.**

- ***Genbrug af data giver gevinster***

Der er to typer af potentielle rationaliseringsgevinster ved datagenbrug. Den ene er sparet tid til genindtastning og den anden er, at man får en bedre datakvalitet ved, at besluttede og kvalitetssikrede data bliver overført uændret.

Det er kun i få tilfælde, man opererer med et komplet genbrug i casene. Det er ofte sådan, at data skal manipuleres ved sortering, supplerings mv. eller der skal udvikles en speciel applikation i forbindelse med et genbrug. Case04's pæleliste-generering er et godt eksempel på dette. Her var man nødt til at få udviklet en plug-in for at få de ønskede data, som i forvejen var i modellen, ud i en ønsket form. I andre tilfælde må man enten danne en ny model eller gå efter datakvaliteten uden en tidsmæssig besparelse. I andre tilfælde skal modeldata bearbejdes så meget, at rationalet forsvinder. Dette var eksempelvis tilfældet ved nogle af simuleringerne af varmetab og indeklima i case02, hvor modeloverførsel til analyseprogram ikke er optimeret. Kollisionskontrol ved case02 er derimod et eksempel på et komplet genbrug. Her anvendes IFC formatet til overførsel fra modelleringsprogram til konsistenskontrolprogram. Alligevel må det konstateres, at datagenbrug giver gevinster. Der ligger stadig en rationaliseringsgevinst i at få en delmængde af data overflyttet til en ny aktivitet. Man skal imidlertid være opmærksom på ved genbrug af modeldata at afveje tidsforbruget ved overførsel og databearbejdning med datasikkerheden.

En af barriererne for genbrug er mangel på standarder og guidelines i relation til arbejdet med 3D arbejdsmetode/BIM. Dette gælder nationalt og internationalt. I den danske kontekst er der eksempelvis udviklet værktøjer, så man på projektniveau kan understøtte en teknisk aftaleramme for projektet. Det er et nyttigt værktøj og er blevet anvendt i case02 for at kunne styre de mange parter, specielt vedrørende udveksling. En tilsvarende IKT-specifikation var overvejet ved case04, men blev fravalgt grundet manglende erfaring med at udfylde den.

- **Genbrug af modeldata i meningsfulde processer (processer der skaber værdi i et projektforsløb) giver gevinster.**
 - **De cases, der gennemfører det største omfang af genbrug har de fleste gevinster.**
 - **De aktører, der har opmærksomheden rettet mod dataudtræk fra modeller til andre funktioner, kan demonstrere gevinster.**
 - **Det er en kreativ udfordring for medarbejderne at udnytte modeldata i kendte og nye processer og på nye forretningsområder.**
 - **Der mangler standardisering på flere områder for at kunne udnytte genbrug i større omfang.**
- ***Investering i IKT/BIM giver gevinster og gavner alle***

Samtlige cases viser, at for en beskeden investering opnår man gevinster. De viser samtidigt, at de virksomheder, der investerer mest (relativt i forhold til deres procesomfang) også er dem, der kan udvise de fleste gevinster. Det er nødvendigt her at skelne mellem virksomhedsniveauet og projektniveauet. Der er hver gang klart overskud på resultatsiden når man ser på projektniveauet. Derimod kan der optræde underskud for visse af aktørerne på virksomhedsniveauet. Det skyldes, at investeringer og implementeringsomkostninger er ujævn fordelt mellem parterne. Der er typisk nogle af parterne, der har de største initiale udgifter ved en modelbaseret arbejdsmetode. Det er oplagt, at den part, der som den første opbygger en digital bygningsmodel, også har den største omkostning. De parter, der senere i procesforløbet anvender denne bygningsmodel, kan gøre det med en mindre omkostning.

Forholdet er imidlertid mere nuanceret. Det er i casene konstateret, at den største omkostning ikke ligger i anskaffelser af hard- og software, men i implementering af en ny arbejdsmetode og i kompetenceløft for medarbejderne. Dette betyder, at de parter, der anvender bygningsmodeller og modeldata senere i procesforløbet, skal være rustet til nyttiggøre dem digitalt eller modelbaseret og derfor er nødt til at fortage en tilsvarende implementering af metoder og kompetencer. Eksemplet fra case02 viser en fagentreprenør for ventilationsentreprisen, der arbejder modelbaseret, og har haft relativt store investeringer for at kunne arbejde modelbaseret. I det konkrete projekt var grundlaget for installationerne fastlagt i modelform af hovedrådgiveren og den detaljerede projektering foregik modelbaseret af fagentreprenøren. Det betød at værdioverførslen på modelniveau var begrænset. Men uanset hvor stor en del af ventilationsfagmodellen, der var blevet overført fra hovedrådgiver til ventilationsentreprenøren, var han nødt til at anskaffe sig værktøjer og udvikle metoder og kompetencer for at kunne arbejde modelbaseret.

Der er også gevinster for de parter, der endnu ikke har implementeret modelbaserede arbejdsmetoder og værktøjer. Gevinsterne ligger typisk i, at det modtagne projektmateriale er af en højere kvalitet end et traditionelt materiale, og at der er adgang til at viewe bygningsmodeller. Den højere kvalitet skyldes overvejende, at tegningsmaterialet er bedre koordineret og konsistenskontrolleret og dermed med

færre fejl. Et eksempel på dette er de billigere tilbud på entrepriser i case01 og case03. Adgangen til at viewe modeller er et supplement til tegningsmaterialet, som gør parterne bedre i stand til selv at granske projektet for afklaringer. Et eksempel på dette er bygherrens bedre grundlag for beslutninger i case01 og en fagentreprenørs bedre mulighed for selv at finde detailinformation i projektet og dermed spare tid (case02).

- **Gevinsterne er ofte større på projektniveau end på virksomhedsniveau.**
- **Jo mere man investerer i relevante værktøjer og kompetencer jo mere høster man.**
- **Suboptimering alene af enkelte processer giver gevinst.**
- **Ved gentagelse af IKT-konceptet i flere projekter vil produktivetsgraden stige.**
- **Samarbejdspartnere, der ikke investerer i IKT får også gevinster.**
- **Fastholdelse og rekruttering af medarbejdere har stor betydning ved IKT-implementering.**

- ***Hvor ligger gevinsterne og af hvilke typer***

Ser man på den overordnede 3D arbejdsmetode eller BIM-koncept så indebærer dette dels at man arbejder med digitale bygningsmodeller, der konkretiseret og værditilføres hen gennem hele projektets livscyklus og dels på, at dette foregår i et integreret samarbejde mellem alle parterne i et byggeprojekt. Der er således to væsentlige aspekter ved BIM, som man er nødt til at adskille, når man bedømmer gevinster og forudsætninger for gevinster. På den ene side har man BIM, som en samling indbyrdes forbundne og tilgængelige containere for information og på den anden side det integrerede samarbejde mellem parterne, som kan udtrykkes som integreret/lean design og udførelse (begrebet VDC, Virtual Design and Construction, dækker dette aspekt bedre end BIM).

Det første aspekt henvender sig hovedsageligt til værktøjerne, der indgår i opbygningen af bygningsmodeller og som anvendes til de tilknyttede hovedaktiviteter, tegningsgenerering, simulering osv. Disse værktøjer er i stort omfang bundet til virksomhederne og repræsenterer typisk digitalisering og objekt-orientering af processer i virksomheden. Outputtet fra disse værktøjer er læsbart for andre værktøjer enten direkte eller via andre formater. Gevinsterne her er direkte, og er forårsaget af en mere rationel produktion (tidsbesparelse, bedre kvalitet m.m.), og ligger i den enkelte virksomhed. Den enkelte virksomhed er hovedsagelig selv herre over udnyttelsen af dette gevinstpotentiale. Case04's tegningsgenererings-koncept er et typisk eksempel på denne gevinsttype.

Det andet aspekt, det integrerede samarbejde, kan i princippet gennemføres uden BIM, men en model-baseret arbejdsmetode vil understøtte denne samarbejdsform. Gevinsterne ved dette aspekt er langt vanskeligere at lokalisere, da de ofte er afledte i forhold til en tidligere digitaliseringsproces, og specielt omkostningerne ved disse processer er vanskeligere at lokalisere, da de er afholdt af en anden projektpart. Gevinsterne her må betragtes som værende på projektniveau, selv om de konkret udløses i de forskellige virksomheder, der gennem dette integrerede samarbejde får adgang til gevinsterne. Det er det integrerede samarbejde, der er forudsætningen for den overvejende del af denne type gevinster. Case01's prisreduktion i tilbuddet fra tømrer er et typisk eksempel på denne gevinsttype.

Ser man på hele projektforsløbet fra programfasen til bortskaffelse så optræder de forskellige parter med de aktiviteter der er foreskrevet i ydelsesbeskrivelser m.m. samt i forhold til de aftaler, der er indgået mellem parterne indenfor rammen af projektet. Når arbejdsmetoden ændres mod en digital, modelbase-

ret arbejdsmetode ændres samtidigt opgaverne hos projektets parter og specielt kravene til de ressourcer, der skal anvendes - både for at arbejde modelbaseret og for at fremme det integrerede samarbejde.

- **De direkte og indirekte gevinster ligger på virksomhedsniveau. Her er der direkte relation mellem omkostning og gevinst, ofte gennem automation.**
- **De afledte gevinster ligger på projektniveau. Fordelingen mellem parternes omkostninger og gevinster er ujævn. Nogle sår, andre høster.**
- **Nogle parter skal igangsætte den ny arbejdsmetode i et projekt og får dermed de initiale omkostninger ved at arbejde modelbaseret.**
- **Der er en tilbøjelighed til ved implementering af IKT at satse på virksomhedsniveauet, da man her kan se en hurtig effekt på investeringerne i egen virksomhed.**
- **Integration og tværdisciplinært samarbejde er ikke hindrende for gevinster, men kan give adgang til store gevinster.**

De væsentligste effektområder i casene

En overordnet analyse af casene viser nogle klare tendenser for hvilke hovedområder, der repræsenterer store effektmuligheder på tværs af casene. Det skal igen pointeres, at det ikke er muligt at generalisere ud fra registreringer i casene, men at de kan give et fingerpeg om, casebaseret, hvor der ligger gevinstpotentialer ved implementering af modelbaserede arbejdsmetoder i en dansk kontekst i dag. Her er i oversigtlig form listet de største gevinstområder, der er identificeret i de 4 casestudier. For en uddybende beskrivelse henvises til kapitel 13, afsnit *De væsentligste effektområder i casene*.

- **Suboptimering af enkelte processer**
- **Grundlaget for gevinster ligger tidligt i byggeprocessen**
- **Mere konsistent projektmateriale**
- **Bedre koordineret projektmateriale**
- **Grundlaget for afledte gevinster er et høj kvalitets projektmateriale**
- **Lavere tilbudspriser**
- **Hurtigere afvikling af rådgiverne på byggepladsen og færre RFI**
- **Færre montagestop på byggepladsen**
- **Rationel drift og vedligeholdelse**

2 Indledning

2.1 Initiativet til projektet

Projektet er oprindeligt udsprunget af Erhvervs- og Byggestyrelsen (E&B)'s ønske om igangsættelse af en forskningsindsats til fremme af byggeriets omstilling og fornyelse. Formålet er at forbedre byggeriets produktivitet og kvalitet. Projektets fulde titel er 'Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri (byggeriets digitalisering), og ligger i forlængelse af det statslige initiativ 'Det Digitale Byggeri' (DDB) til fremme af digitaliseringen bredt set for at forbedre kommunikationen mellem de forskellige parter i byggeprocessen for derved at nedbringe antallet af forsinkelser, fejl og mangler i byggeriet.

2.2 Konsortiet bag projektet

Projektet blev udbudt oktober 2008 og vundet af et konsortium bestående oprindeligt af:

- Flemming Vestergaard, lektor DTU Byg,
- Jan Karlshøj, lektor DTU Byg,
- Peter Hauch, arkitekt Arkidata,
- Jan Lambrecht, civ.ing., Teknologisk Institut, senere Dansk Standard.

Den oprindelige ansøgergruppe blev suppleret med

- Jan Mouritsen, professor ved CBS, Department of Operations Management.

Dette var et ønske fra opgavestilleren om at få styrket den fagøkonomiske profil i projektgruppen og blev forhandlet på plads på møder mellem E&B og projektgruppen før endeligt tilsagn.

Efter aftale med E&B blev der tilknyttet projektet en følgegruppe, som består af følgende medlemmer:

- Kristian Hagemann Gottlieb Paludan arkitekter
- Lars Fuhr Pedersen, MT Højgaard
- Clars Danvold, Bygningsstyrelsen
- Jørgen Storm Emborg, COWI
- Sten Bonke, DTU Management
- Per Anker Jensen, Center for Facilities Management, DTU
- Morten Steffensen, Bygningsstyrelsen

Der er afholdt 3 følgegruppemøder i projektperioden.

2.3 Forskningsprojektets indhold

I udbuddet var der ikke givet en fast beskrivelse af forskningsområdet, men der blev givet nogle eksempler, der kunne tages udgangspunkt i: Økonomiske gevinster ved anvendelse i konkrete statslige byggeprojekter, økonomiske gevinster ved digitalisering af byggeri og bygningsforvaltning i frontløberkommuner, økonomisk potentiale ved videreudvikling af DDB indenfor totaløkonomi og bygningsforvaltning samt barrierer for at realisere økonomiske gevinster ved DDB.

Projektbeskrivelsen, programmet for projektet, blev forhandlet på plads mellem E&B og projektgruppen. Den bygger på den oprindelige ansøgning af 2. oktober 2008 suppleret med en 'Uddybende beskrivelse

af konsortiets tilbud... ' af 15. januar 2009 samt 'Præcisering af konsortiets tilbud... ' af 31. marts 2009. For en detaljeret beskrivelse af programmet for projektet henvises til disse 3 dokumenter. I det følgende listes kort de væsentlige præmisser for projektet. Det er en sammenstilling af de 3 ovenfor nævnte kilder.

Projektets formål og afgrænsning

DDB er en del af en generel digitaliseringsproces, og skal derfor vurderes i en større sammenhæng. Det betyder at fokus er på digitaliseringen af byggeriet, hvor DDB generelt og DDB's bygherrekrav er væsentlige initiativer til at understøtte og skubbe på udviklingen af digitaliseringen af den danske byggesektor. Der tages udgangspunkt i 'Bedst i Byggeriet' (BIB), som var et af projekterne under DDB, hvis formål var, gennem en række casestudier, at identificere og måle gevinster ved anvendelse af digitale værktøjer og tilknyttede metoder. Hensigten var at give byggeriets aktører informationer til at træffe strategiske beslutninger vedr. implementering af informations- og kommunikationsteknologi (IKT) i byggeriets processer.

To af konsortiets medlemmer deltog i 'Bedst i Byggeriet', og der overføres erfaringer herfra til dette projekt. Metoden til identificering og måling af gevinster var den største udfordring i BIB og har været og er tilsvarende en stor udfordring i dette projekt. Der er udpeget 3 hovedområder af interesse:

Måling på forskellige niveauer. Måling af gevinster kan dels gå på den nære optik: At udskille delprocesser underlagt DDB's bygherrekrav og måle de rationaler, der er forbindelse med dette. Eksempelvis måling af rationalitet ved anvendelse af en faglig applikation i forb.m. en proces. På et højere niveau kan man måle på afledte effekter ved efterfølgende processer og ved byggeprocessen som helhed. De direkte målinger vil give sikrere estimater på de fremtidige potentialer.

Lokalisering af gevinster. Investeringer i værktøjer og metoder i én fase vil ofte medføre gevinster senere - i en anden fase og hos en anden aktør. Derfor må målinger af økonomiske gevinster ideelt set rumme målinger i hele byggeprocessen for at give et retvisende billede. Resultater fra målinger af afgrænsede aktiviteter må som minimum beskrives i den større kontekst. Dette projektprogramts tidsmæssige begrænsning på ét år vanskeliggør målinger af samlede gevinster ved IKT koncept.

Måling i et tids/proces-perspektiv. Vurderingen af måleresultater er afhængige af indenfor hvilken tidsramme man bedømmer gevinsten. I den ene ende af skalaen kan man måle på en her og nu gevinst ved en enkelt proces og i den anden ende af skalaen kan man estimere potentielle gevinster og muligheder ved anvendelse af digitaliseringsværktøjer i fremtidige processer og forretningsområder. Herudover vil teknologimodenhed og antallet af procesgennemløb have indflydelse på resultaterne.

Metodegrundlag for og gennemførelse af casestudier

Projektets målsætning er at opbygge et metodegrundlag for gennemførelse af casestudier byggede på ovennævnte karakteristika for at kunne udarbejde effektivitetsanalyser, der bygger på konkrete målinger fra casestudierne. Projektets resultater er et videngrundlag indenfor områderne:

- Realiseret økonomisk effekt ved anvendelse af udvalgte IKT koncepter
- Udbredelsen af digitaliseringen fordelt mellem aktørgrupper og processer og i et tidsperspektiv
- Estimer af potentielle effekter og udviklingsmuligheder af valgte IKT koncepter
- Barrierer og økonomiske konsekvenser for en forøgelse af digitaliseringstakten for aktøren, virksomheden og sektoren

- Forslag til initiativer til fremme af digitaliseringstakten på de forskellige niveauer fra aktør-kompetencer til sektorstrategi.

2.4 Angrebsvinkel for projektet

Forskningsprojektet ØG-DDB er en klar udløber af Det Digitale Byggeri. Baggrunden for initiativet Det Digitale Byggeri var vurderinger af byggesektoren som en sektor med en lav produktivitet i forhold til andre nationale sektorer og i forhold til andre lande, og som pegede på en kraftigere satsning indenfor IKT og digitalisering som middel til at forbedre byggesektorens produktivitet. Målgruppen for initiativet var i første omgang den statslige bygherre gennem DDB's Bygherrekrav, hvor konkrete krav blev stillet til rådgiver- og entreprenørgruppen gennem krav til Projektweb, 3D modeller, Digitalt udbud og Digital aflevering. Bag Bygherrekravene lå Det Digitale Fundament's projekter, '3D arbejdsmetode', 'Byggeklas-sifikation' m.m., som skulle give det nødvendige metode- og standardiseringsgrundlag for at opfylde bygherrekravene på en koordineret måde. Endelig skulle DDB's 'Bedst i Byggeriet' fungere som et be-slutningsgrundlag gennem 'best practise' cases for virksomhederne til at starte implementeringen af IKT værktøjer og metoder i deres virksomheder.

Projektgruppen gør i projektansøgningen opmærksomt på en række forhold vedr. DDB, som udvider genstandsfeltet for projektet. Projektgruppen har den opfattelse, at man skal udvide undersøgelsesom-rådet udover de processer, der snævert er tilknyttet de konkrete DDB bygherrekrav, til også at omfatte processer, der anvender digitale værktøjer og metoder alene ud fra et ønske om at rationalisere proces-serne gennem digitalisering og 3D arbejdsmetoder. Det skal her nævnes at DDB er mere end bygherre-kravene. Fundamentsprojekterne kan have en lige så stor indvirkning på digitaliseringstempoet.

De forhold som projektgruppen gør opmærksom på og som inddrages i deres grundlag er følgende: (For en detaljeret beskrivelse henvises til den oprindelige ansøgning af 2. oktober 2008):

- **DDB betragtes som et led i en generel digitaliseringsproces.** Heri ligger, at det er interessant at identificere og måle gevinster i alle projekter, der introducerer digitalisering.
- **DDB's dækningsområde udvides vedr. processer.** Heri ligger at bygherrekravene henvender sig til visse hovedprocesser, hvor der optræder en flerhed af processer i konkret cases.
- **DDB's dækningsområde udvides vedr. aktører.** Heri ligger en udvidelse af målgruppen fra råd-givertung til inddragelse af andre parter.
- **Begrænsninger i DDB's fundament.** Heri ligger at man i casestudierne må tage højde for at ikke alle DDB's resultater ikke er færdigudviklede og slet ikke implementeret i værktøjer.
- **Organisatoriske begrænsninger.** Heri ligger at man i casestudierne må tage højde for den tradi-tionelle organisering og ansvarsfordeling, som kan hæmme et integreret samarbejde og der-med effekten af digitaliseringen.

Projektgruppen betragter således DDB som en dynamo for digitaliseringen af samtlige processer og for samtlige aktører. Digitaliseringstakten er ikke kun steget i processer underlagt DDB's bygherrekrav, men DDB's bygherrekrav plus fundamentprojekterne har på den anden side - og i sameksistens med generel digitaliseringstendens - løftet byggesektoren som helhed op på et højere niveau. Kompetenceudviklin-gen ligger hos den enkelte aktør og i den enkelte virksomhed, ikke i det enkelte projekt. Projektgruppen har derfor haft fokus på de virksomheder, der repræsenterer et højt IKT- og digitaliseringsniveau. Dette har afspejlet sig i de valg af cases, der er foretaget. Her er fokus lagt på cases, hvor de medvirkende hovedaktører repræsenterer et højt kompetenceniveau. Bygherrekravene kan være direkte aktive i casen eller indirekte gennem tidligere gennemførte byggeprojekter.

Uddybning og præcisering af projektet

Det følgende afsnit beskriver de overordnede præmisser for projektet, herunder de væsentlige indikatorer, der er anvendt i opbygningen af metodegrundlaget og ved casestudierne. De enkelte punkter er udviklet i et samarbejde med Erhvervs- og Byggestyrelsen/Bygningsstyrelsen. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til kapitel 04 Indikatorer.

Bench marking ikke muligt. Bench marking metoder anvendes indenfor mange andre brancher, herunder IKT branchen. Her er det eksempelvis muligt at lave sammenligninger mellem performance af 2 computerchips eller to forskellige fabrikater software med samme funktionalitet. Når det handler om byggeri, kan det vanskeligt lade sig gøre at opstille to forskellige scenarier eller processer og så måle deres performances i forhold til hinanden på tid og på andre ressourcer. Et byggeprojekt er en unik konstellation af projektparter med hver deres kompetenceniveau og værktøjer som har til formål at udvikle ét produkt, en bygningskonstruktion. Produktet er også unikt, da det ofte er et svar på et unikt behov, beskrevet af en konkret bygherre på et konkret tidspunkt.

Lokalisering af effekter. Den største udfordring vedr. målemetoder er at udvikle metoder til at måle de effekter, der ikke direkte kan identificeres i de processer, der er underkastet målinger. Dvs. effekter, der ligger udenfor undersøgelsesområdet, det kan være effekter i andre processer i en konkret virksomhed eller i processer i andre virksomheder. Det betyder ofte, at omkostninger og investeringer er tilknyttet andre processer end der hvor gevinsterne høstes. Der er således i metoden fokus på forskellige, differentierede gevinsttyper (effektniveauer), defineret i forhold til deres relation til den direkte proces, der er underkastet undersøgelse/måling. Der opereres således med 3 effektniveauer:

- **Direkte gevinster**, som er placeret i den undersøgte proces i virksomheden.
- **Indirekte gevinster**, som er placeret i anden proces i virksomheden.
- **Afledte gevinster**, som er placeret i anden proces i anden virksomhed.

Differentierede målgruppe- og analyseniveauer. Da resultaterne af dette projekt kan blive anvendt til at træffe beslutninger om innovation på virksomheds- og sektorniveau, vil en sådan differentiering af beskrivelsen af resultaterne kunne anvendes til beslutninger med forskellig tidshorisont. Det er projektgruppens opfattelse, at digitaliseringen af byggeprocesserne ikke er enten et tilvalg eller et fravalg, men det alene handler om hvor i processen og hvornår en virksomhed eller en organisation vil starte en teknologisk baseret innovation.

Overordnet retter projektet sig mod følgende analyseniveauer:

- **Projektniveau.** Et integreret projektsamarbejde, som digitalisering understøtter, gør det interessant at måle effekter på projektniveau. Projektniveauet har betydning metodemæssigt i det omfang en analyseret proces hos en aktør har afledte effekter i processer hos andre aktører.
- **Virksomhedsniveau.** Dette niveau repræsenterer den enkelte virksomhed, der indgår i et IKT-koncept, hvor der anvendes IKT baserede værktøjer og arbejdsmetoder til konkrete byggeprocesser. Dette niveau er basis for undersøgelser og målinger.
- **Virksomhedssystemniveau.** Virksomhedssystemet betragtes som et niveau imellem den enkelte virksomhed og sektoren, og vil således mere nuanceret kunne udtrykke potentialer, gevinster, omkostninger og kompetencer for de forskellige virksomhedstyper i virksomhedssystemet.
- **Sektorniveau.** Dette niveau repræsenterer de forskellige brancher, der indgår i byggeriet samt de mere samfundsmæssige forhold.

Projektet retter sig primært mod to målgruppeniveauer ved formidlingen af resultaterne:

- **Virksomhedsniveauet.** Den enkelte virksomhed er aktøren i forbindelse med implementering af ny teknologi og nye arbejdsmetoder. Casebeskrivelserne vil kunne danne grundlag for be-

slutninger og strategiske overvejelser i den enkelte virksomhed og hos den enkelte medarbejder. Kompetenceudviklingen ligger ligeledes i virksomhederne og hos den enkelte medarbejder.

- **Projektniveauet.** Man er nødt til at se ud over virksomhedsniveauet for at kunne vurdere de samlede effekter af en IKT implementering og dermed få et samlet billede af omkostninger og gevinster. Projektniveauet er også interessant for virksomhederne, da det beskriver relationer mellem samarbejdspartnere afhængigt af samarbejdsform.

Sektorniveauet repræsenterer de samfundsmæssige og politiske interesser, hvor resultaterne kan anvendes til nationale og sektororienterede strategier for digitalisering af byggeriet. Sektorniveauet udskilles ikke i formidlingen, men dækkes af virksomheds- og projektniveauerne i kombination.

Datakvalitet og metodeværktøjet

Det er projektets målsætning at opbygge et metodeværktøj, der er dækkende for en 'ideel' effektmåling. Det skal forstås på den måde, at man ikke kun måler på umiddelbart målbare parametre, men at man vil etablere et metodeværktøj, der identificerer de væsentlige parametre og processer, der indgår i en case, og registrerer dem med en differentieret målemetode.

- **Gevinsterne målbarhed.** Visse af disse parametre kan værdisættes kvantitativt som finansielle gevinster i kroner, andre kan værdisættes relativt som en procentvis variation og andre igen kan få en rangering på en niveauskala. Kvalitative samt potentielle gevinster beskrives verbalt. De områder, der ikke direkte kan måles kvantitativt beskrives på anden måde. Man kan her operere med begreber som direkte målelige, estimer, aktørvurderinger og manglende data. Dette vil være en indikator på datakvalitet og troværdighedsgrad af værdiansættelserne.
- **Gevinsterne kontekst.** Effekterne beskrives kontekstmæssigt ved at blive sat i sammenhæng med processer, funktioner, aktører, samarbejdsrelationer, projektstørrelse, virksomhedsstørrelse m.v. Endvidere bliver effekterne beskrevet ud fra de konkrete effektniveauer, direkte, indirekte og afledte, som er afhængige af hvor i den totale proces der måles. Finansielle gevinster bliver sat i sammenhæng med byggeprojektets samlede økonomi eller med de delprocesser de indgår i.
- **Gevinster i en potentieleanalyse.** Der måles kun på processer, der på baggrund af en analyse af den totale byggeproces og den aktuelle aktør, vurderes til at have potentialer. Som baggrund for dette foretages en potentieleanalyse, der udpeger områder af interesse. Når det ikke er muligt at analysere alle relevante processer udvælges én eller flere processer, som typiske repræsentanter for processerne. Værktøjer til potentieleanalysen er indarbejdet i Metodemanualen ØG-MM.
- **Gevinster i en forudsætningskæde.** Erfaringerne i projektets undersøgelser viser, at der ofte er en lang række forudsætninger, der skal være på plads, for at der kan opnås en rationaliseringsgevinst ved digitalisering i de enkelte processer. Disse forudsætninger kan være af mange typer. Det kan være kompetence hos medarbejderne, modenhed af software der anvendes, en speciel type samarbejdsrelationer m.m. Tilsvarende vil det i en formidlingssituation være nødvendigt at beskrive de forudsætninger, der ligger til grund for en vellykket anvendelse af teknologi eller metoder for at kunne udnytte denne viden til handlinger i den enkelte virksomhed eller det enkelte projekt. ØG-MM metoden dækker dette område i værktøjsdelen IKT-risici.

Metodemanualen ØG-MM arbejder med en række digitale delværktøjer som eksempelvis effektiviseringskemaer. Her samles et veldokumenteret metodeværktøj vil på den ene side sikre validiteten af resultaterne og på den anden side gøre det muligt at anvende metoden til nye casestudier i tiden ud over projektperioden. Metodeværktøjet vil således kunne anvendes af den enkelte virksomhed til ROI analyser i forbindelse med implementering af IKT værktøjer og metoder og resultaterne vil kunne anvendes IKT strategier i virksomheden.

2.5 Metodegrundlaget

Generelt

Som nævnt tidligere bygger projektets metoder på erfaringerne fra Bedst i Byggeriet. Til dette projekt blev der udviklet en metode, som er dokumenteret i 'Bedst i Byggeriet, Metodemanualen, 2006'. I projektet 'Bedst i Byggeriet' var metoden påvirket af de engelske erfaringer fra 'IT Construct' og University of Salford, UK ('Measuring the Benefits of IT Innovation'). Under arbejdet blev der konstateret en række problemer ved metodegrundlaget for begge projekter. Det var specielt effektmålingerne på det kvantitative niveau, der skabte vanskeligheder. Disse udfordringer kan placeres indenfor to områder:

- Adgang til data. Tilgængelighed af relevante data i virksomhederne.
- Generalisering af data til operationelle resultater.

Adgang til data. Ved dette projekt har konsortiet derfor haft stor opmærksomhed på tilvejebringelsen af de konkrete måleresultater i forbindelse med casestudierne. Den store udfordring er og har været at opnå måleresultater på finansielle gevinster, da der ikke umiddelbart er adgang til de nødvendige data hverken på virksomheds-, projekt- eller sektorniveau.

På virksomhedsniveau er der i Danmark ingen eller begrænset anvendelse af Cost Benefits analyser, Return On Investment (ROI), Financial Management Systems (FMS) eller tilsvarende, hvor man følger investeringerne i ny teknologi og nye arbejdsmetoder for at måle omkostninger og netto- og mere langsigtede gevinster op mod hinanden. Data vedrørende 'her og nu' omkostninger, investeringer på længere sigt og de eventuelle nettogevinster må findes enten ved direkte målinger på de enkelte processer eller gennem en kreativ metodeopbygning at måle på relaterede, målbare effekter.

Generalisering af data. Projektets ressourcer har sat en begrænsning på antallet af casestudier til 4 cases. De vil dog være mere omfattende end Bedst i Byggeriets cases, da der i dette projekts metode lægges vægt på de differentierede effekttyper (hermed gevinster udenfor den direkte proces), da det vurderes ofte at være her væsentlige rationaliseringsgevinster er at finde. Ikke desto mindre betyder det begrænsede antal cases ét gennemløb af ved måling af gevinster i en proces. Dette vanskeliggør en generalisering af de resultater, der kommer ud af målingen.

Konsortiegruppen har løst dette problem på følgende måde. For det første sættes der fokus på selve caseudvælgelsen. Med baggrund i procesanalysen sammenholdt med DDB's bygherrekrav udpeges de processer, værktøjer m.v. som har lovende potentialer. Derefter udvælges cases (virksomheder og projekter), der repræsenterer disse processer. Ved udvælgelsen af cases ses på direkte, indirekte og afledte effekter. For det andet vil der være fokus på at finde sammenlignelige procesforløb, hvor to cases repræsenterer det samme procesforløb funktionelt. Hermed bliver man i stand til, om end i et begrænset omfang, at udføre sammenlignelige effektmålinger.

Metodemanualen ØG-MM, version 2

Projektgruppen har i starten af projektet udviklet et metodegrundlag, som er dokumenteret i 'Metode-manualen ØG-MM, version 1', som er blevet anvendt til identificering og registrering af omkostninger og effekter ved digitalisering i casestudierne. Dette metodegrundlag er mod slutningen af projektperioden, på baggrund af erfaringerne fra casestudierne, blevet ændret og opdateret til en version 2. For yderligere oplysninger vedr. metodegrundlaget henvises til Kapitel 04.

2.6 Projektets leverancer

Følgende leverancer er aftalt og udarbejdet.

- 4 **casestudier**, der beskriver rationaliseringsgevinster ved digitalisering af processer bredt funderet (Beskrivelser for case01, case02, case03 og case04)
- En **metodebeskrivelse** for gennemførelse af casestudier (Metodemanualen ØG-MM, version 1). Erfaringerne fra de konkrete casestudier opsamles i en opdateret version af metodebeskrivelsen (Metodemanualen ØG-MM, version 2).
- En **projektteknisk rapport** (denne rapport), der beskriver de metodemæssige overvejelser bag projektet, de udvalgte karakteristika og parametre i casebeskrivelserne, de anvendte kilder samt en samlende konklusion på tværs af casebeskrivelserne.
- En **formidlingsplan**, der beskriver formidlingen af forskningsprojektets resultater på i fagblade, nyhedsmedier og konferencer.
- En **videnskabelig artikel** i enten en akademisk journal eller på en international conference. Er under udarbejdelse marts 2012.

3 Målingen af økonomiske gevinster og omkostninger

3.1 Implementeringsudgifter bundet til projekter

Det er en særlig udfordring at finde de økonomiske effekter af digitalisering og 3D arbejdsmetode, fordi virksomhedernes regnskaber typiske ikke har nogen konto for investeringer i IKT og dertil knyttede investeringer i uddannelse mv. Det skyldes bl.a. at investeringer og implementeringsudgifter typisk finansieres af et projektbudget, hvor de straks afskrives, snarere end af et generelt virksomhedsbudget på tværs af projekter, hvor de kunne aktiveres og afskrives i en række projekter over en vis tidsperiode (eksempelvis 3 år).

3.2 Problemer omkring afskrivninger

De økonomiske konsekvenser af digitalisering og nye arbejdsmetoder kan kun i meget sjældne tilfælde måles direkte. De ses ikke i en konto i regnskabssystemet. De økonomiske effekter registreres derfor ofte via en beregning eller et overslag, som bygger på antagelser om, hvad investeringer benyttes til. Hovedproblemet er her, at investeringer i ny teknologi typisk foretages i forbindelse med et projekt og i mindre omfang som en generel investering på virksomhedsniveau. For at give et retvisende billede bør investeringer i IKT, som finansieres inden for økonomien i et projekt deles med alle de projekter, hvor IKT-teknologien og -viden kan benyttes. Sådanne fordelinger (afskrivninger) fremgår imidlertid kun af få

regnskaber. Når udgiften er betalt i et projekt forsvinder den regnskabsmæssigt med hele beløbet i projektreghskabet. Den del af investeringen, som benyttes i andre projekter, er hermed ikke synlig.

3.3 Måling contra vurdering

I princippet består de økonomiske gevinster ved digitalisering/BIM af forskellen mellem en række gevinster (f.eks. produktivitet og prisreduktioner) som kan henføres til BIM, og en række udgifter (f.eks. investeringer i teknologi, organisation og kompetencer). Opgørelsen af fordele forudsætter, at man først kan pege på fordele f.eks. i form af produktivitet eller reduktion af indsats, som derefter kan knytte en økonomisk gevinst til. Opgørelsen af ulemperne – dvs. omkostninger – forudsætter, at man først kan udpege de investeringer, som gøres, og derefter det antal projekter, hvortil de kan knyttes, og som derfor finansierer dem. Den hertil hørende omkostning er afskrivning af investeringen. Regnskaber i de konkrete byggevirksomheder indeholder meget sjældent BIM relaterede afskrivninger, så derfor skal de beregnes eller vurderes/estimeres.

3.4 Udgifter som investeringer

Udgifter til BIM falder i tre hovedklasser. Først er der investeringer i BIM teknologi. Dernæst er der investeringer i uddannelse og kvalificering. Endelig er der investeringer i samarbejde både inden for og imellem virksomheder. Virksomhederne har typisk bogført udgifter til teknologi og til uddannelse/kvalificering, men ikke til den sidste klasse. Desuden er disse udgifter placeret i projektbudgetter og ikke primært i virksomhedens generelle budget. Da projektbudgetter typisk er udgiftsbudgetter, som handler om omfanget af penge, der kan bruges, og ikke om hvorvidt de penge, som bruges, vedrører drift eller investeringer, er det ikke så klart, hvad virksomheder egentligt investerer i BIM.

Eksempel visende kompleksiteten ved måling

Lad os tage et eksempel: Et projekt bruger 50.000 kroner til et 3D modelleringsprogram og 200.000 kroner til uddannelse. I alt 250.000 kroner. Mens dette beløb er en udgift for projektet, så er kun en del af det en omkostning for projektet. Hvis den investering kan benyttes til f.eks. 10 projekter over de næste par år, er den egentlige driftsomkostning til det enkelte projekt blot 25.000 kroner. Dette er et enkelt princip, men det er vanskeligt at finde sådanne oplysninger i virksomhedernes regnskaber, fordi sådanne beløb gemmes i projektreghskaber. Projektreghskaber opererer kun med udgifter; virksomhedens samlede regnskab opererer med omkostninger på den ene side og aktiver på den anden. Mens projektreghskabet derfor i det nævnte eksempel vil udgiftsføre 250.000 kroner, vil et virksomhedsregnskab kun omkostningsføre 25.000 kroner til projektet og aktivere 225.000 kroner til brug for og som afskrivninger i de 9 fremtidige projekter. Derfor er målingen ikke sikker. Måling af gevinster er derfor mere beregninger eller i mange tilfælde overslag, fordi det end ikke er muligt helt at afgøre, hvilken investering i uddannelse der faktisk er allokeret. Uddannelse er ofte nemlig blot en del af lønbudgettet.

3.5 Måling på projekt- og virksomhedsniveau og på delprocesniveau

Når der konkret identificeres gevinster foregår det altid i forbindelse med en konkret delproces i et konkret projekt i en konkret virksomhed. Eksempelvis vil en måling af en rationaliseringsgevinst i forbindelse med delprocessen kollisionskontrol give sig udtryk i en direkte tidsbesparelse i forhold til en tilsvarende – traditionel - funktion som kvalitetssikring (KS). Man har altså mulighed for at få et udtryk for en tidsbesparelse i forhold til en traditionel proces ved at bruge en ny arbejdsmetode og nye værktøjer. At man også får en gevinst i form af et bedre og mere koordineret projektmateriale kan ikke måles i den

aktuelle proces, men vil vise sig længere fremme i projektforsløbet som en rationaliseringsgevinst i en senere – afledt – proces. I eksemplet her vil gevinsten vise sig som et bedre udførelsesgrundlag, i form af tegninger med færre fejl, der vil betyde færre montagestop på byggepladsen og dermed gevinster i form af tidsbesparelser, bedre samarbejde og færre reparationer og udbedringer. For at gøre problemstillingen yderligere kompleks, så er omkostningen ved at udføre kollisionskontrollen ikke direkte målbar i forhold til gevinsterne på byggepladsen. Det der her udløser gevinsten er det kvalitetssikrede projektmateriale. Når man identificerer gevinsterne i forbindelse med kollisionskontrollen, må man på omkostningssiden sammenligne rationalet ved en modelbaseret KS med en manuelt baseret KS til samme kvalitetsniveau. Dette kan man kun gøre ved et kvalificeret overslag, kvalificeret i betydningen: Et overslag fra en erfaren aktør.

3.6 Informationsdybde som del af analyseværktøjet

Eksemplerne viser, hvorfor det er vanskeligt direkte at måle omkostninger: Omkostninger fremgår ikke direkte af regnskabet. Omkostninger skal i de fleste tilfælde beregnes eller opgøres vha. et overslag. Det samme gør sig gældende for gevinsterne. Når man indfører en ny modelbaseret arbejdsmetode med nye værktøjer, vil man ikke kun opnå en ren tidsbesparelse, men en række andre effekter: Nogle kvantitative (eksempelvis færre fejl), andre kvalitative (eksempelvis bedre samarbejdsklima). Det er forsøgt gennem metoden for effektivvurderingen, ØG-DDB's 'Effektivvurderingsskema' så langt det har kunnet lade sig gøre, at tage højde for disse usikkerheder. Det er primært sket gennem at være kreative ved interviews med aktører og så være åben omkring hvor underbyggede målingerne er.

4 Litteraturstudier og beskrivelser af andre cases

4.1 Forskellige typer af litteratur

Når man betragter forskningsområdet 'måling af gevinster ved byggeriets digitalisering' bredt kan man opdele litteraturen indenfor området i 4 hovedgrupper:

- **Evalueringsrapporter/surveys over udbredelsen af digitaliserede processer hos byggeriets parter**
- **Analyser af økonomiske gevinster ved anvendelse af digitale værktøjer og arbejdsmetoder**
- **Casestudier af projekter og virksomheders anvendelse af digitale værktøjer og metoder**
- **Metodegrundlag for økonomiske analyser af rationaliseringsgevinster ved digitalisering af byggeriets processer**

Evalueringsrapporter/surveys over udbredelsen af digitaliserede processer hos byggeriets parter

Denne kategori beskriver hvor langt udviklingen indenfor digitalisering af byggeriet er nået. De kan omhandle nationale opgørelser og opgørelser af de forskellige udviklingsniveauer internationalt mellem grupper af lande. Et eksempel på en rapport som dækker digitaliseringsudviklingen i de nordiske lande

er Erabuild's '*Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM*' [Erabuild] og '*IT-Barometer 2000 – the use of IT in the Nordic construction industry*' [IT-Barometer 2000]. Af nationale surveys kan nævnes de amerikanske '*Significant Value, Dramatic Growth and Apparent Business Opportunity*' fra CIFE, Stanford University [CIFE 2007] og '*SmartMarket Report – Building Information Modeling (BIM)*' fra 2008 [SmartMarket 2008].

ØG-DDB projektet har anvendt litteraturen indenfor denne kategori til at skabe sig et overblik over forskningsområdet, specielt hvilke aktører og aktørgrupper, der er længst fremme i en udvikling mod BIM og hvilke processer, der vil have mest nytte af en digitalisering set i et tidsperspektiv. Viden fra disse kilder samt egne erfaringer danner baggrund for den værdianalyse, projektgruppen foretog ved projektstart.

Værdianalysen blev brugt til at udvælge cases, der havde lovende potentialer med hensyn til gevinster ved digitalisering. En af de vigtige erkendelser her var, at det er vigtigt at se på hele byggeriets procesforløb som en integreret proces, da data fødes et sted i forløbet og anvendes andre steder i forløbet. En anden erkendelse var, at kompetencer til at gennemføre digitaliseringen ligger i de enkelte virksomheder. Projektniveauet er interessant på den måde, at det sammenbinder de involverede virksomheder. Disse overvejelser afspejler det endelige valg af de 4 cases, hvor der er fokus på hele værdikæden og samtidigt på virksomhedsniveauet.

Analysen af økonomiske gevinster ved anvendelse af digitale værktøjer og metoder

Denne kategori indeholder rapporter og artikler, der beskriver rationaliteten og økonomiske gevinster i anvendelse af digitalisering og BIM i byggeriets processer. Nogle artikler har en meget overordnet beskrivelse af metodegrundlaget for undersøgelserne andre mangler metodebeskrivelsen. Eksempler på denne kategori er: '*Improving Design Process through Collaboration, Sharing, and Understanding*' fra CIFE, Stanford University 2009 [CIFE 2009]. '*The Business value of BIM*', SmartMarket Report 2009 [SmartMarket 2009].

ØG-DDB projektet har anvendt disse kilder til at udarbejde en liste over de delområder indenfor det samlede BIM-koncept, der er klare potentialer med hensyn til at høste gevinster ved digitaliseringen. Her er kilderne mange og de potentialer, der beskrives i litteraturen er struktureret på mange forskellige måder. De kan være struktureret på processer, funktioner, aktørtyper, fag osv.

Der er i projektet udarbejdet en Potentialeliste (se kapitel 04 Metodegrundlaget), som har været anvendt som et arbejdsredskab i forb.m. den potentialeanalyse, der går forud for det enkelte casestudie, og som indgår i effektiviseringskemaerne for at udpege lovende processer til måling. Denne potentialeliste er løbende blevet opdateret gennem projektet og ligger nu i en opdateret version i Metodemanualen ØG-MM, version 2. Projektgruppen betragter Potentialelisten som et vigtigt arbejdsredskab fremover.

Casestudier af projekter og virksomheders anvendelse af digitale værktøjer og metoder

Denne kategori indeholder mere konkrete beskrivelser af BIM anvendelse i processer, værktøjer og arbejdsmetoder i konkrete byggeprojekter. Casestudierne kan være generelle, kvalitative beskrivelser gående imod mere kvantitative beskrivelser, hvor der optræder økonomiske analyser af rationaliseringsgevinster. Eksempel på den første gruppe er *National Guidelines for Digital Modeling: Case Studies* [CRCCI 2009], som er et australsk forarbejde til at lave nationale guidelines på linje med DDB's fundamentsprojekt '3D arbejdsmetode 2006'. Eksempel på den anden gruppe er *Framework & Case Studies*

Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across projects fra CIFE, Stanford University 2008 [CIFE 2008]. Som dansk eksempel fra denne gruppe kan nævnes de 17 casestudier fra Bedst i Byggeriet, DDB 2006 [BIB].

ØG-DDB projektet har anvendt andre casestudier som inspiration til strukturering af egne casestudier. De fleste casestudier er meget fokuseret på kvalitative beskrivelser. Der er sjældent foretaget målinger af rationaliseringsgevinster, og når der optræder tal eller %'er bygger de på subjektive estimater. Der er sjældent forklaret, hvor resultaterne kommer fra, ligesom der ikke er beskrevet det metodegrundlag der ligger bag.

ØG-DDB projektgruppen erkender, at det er meget vanskeligt at kvantificere de forskellige effekter, en digitalisering af byggeprocesserne medfører. Der er en lang række årsager til dette forhold, hvor en af de væsentlige er den manglende tradition i byggesektoren for at evaluere og prissætte en innovationsindsats. En del af løsningen på dette problem har været for projektgruppen, at være redelige i beskrivelsen af de kvantitative effekter, henvise dem til delproces, angive dem i kroner, i procenter og angive validiteten af tallene, målt, estimeret osv. For uddybende forklaring henvises til kapitel 03 Indikatorer og kapitel 04 Metodegrundlaget.

Metodegrundlag for økonomiske analyser af rationaliseringsgevinster ved digitalisering af byggeriets processer

Denne kategori indeholder publikationer, der beskriver det metodemæssige grundlag for identificering og måling af rationaliseringsgevinster ved implementering af digitale og 3D arbejdsmetoder. Litteraturen er sparsom. Konsortiemedlem Jan Lambrecht er forfatter til en PhD rapport med titlen *A Framework for selection an IT evaluation method – in the context of construction* [Andresen], hvor der evalueres en række målemetoder for at finde en metode, der kan anvendes for byggesektoren.

Det er fra denne kategori, at ØG-DDB projektet har taget inspiration til metodegrundlaget for projektet. Det er gået via Bedst i Byggeriet's Metodemanual [BIB02], som har ligget til grund for første version af dette projekts Metodemanual ØG-MM, version 2. De væsentlige input fra litteraturen er gennem dårlige eksempler at tilskynde til at simplificere metodegrundlaget. Problemet ved denne tilgang er på den anden side troværdigheden ved målingerne. For yderligere beskrivelse af metodegrundlaget henvises til kapitel 04 Metodegrundlaget.

4.2 Litteratursøgning og søgeresultater

Projektgruppen besluttede under den detaljerede planlægning af projektet at gennemføre en litteratursøgning på DTV/DTB mhp. at indkredse litteratur som i særlig grad ville kunne bidrage til diskussionen om:

- Teori om måling af rationalisering og effektivisering ved implementering af IKT i projekter, virksomheder, virksomhedssystemer og hele brancher.
- Metoder til måling af rationalisering og effektivisering ved implementering af IKT i projekter, virksomheder, virksomhedssystemer og hele brancher,
- Udsagn og erfaringer om fordele og gevinster ved BIM/IKT i projekter, virksomheder, virksomhedssystemer og hele brancher.

- Udsagn og erfaringer, som kunne bidrage til en strukturering af gevinst- og potentialetyper, som kunne understøtte udviklingen af måleteori og målemetode.

Hensigten med litteraturstudierne var at søge viden og inspiration på det teoretiske og målemetodiske område til støtte for udviklingen af projektets teori og metode. Hensigten var endvidere at opspore udsagn vedr. fordele og gevinster mhp. at understøtte projektets arbejde med udvikling af en model for identifikation af gevinsttyper samt for identifikation af konkrete fordele og omkostninger samt potentialer.

Søgningen koncentreredes om søgeordene: BIM, building information model, business value, business drivers, profit, ICT, construction.

Søgningen gav en omfattende liste over "hits", som indsnævredes til 43 særligt relevante artikler og rapporter mv. for hvilke abstracts blev gennemgået, struktureret og sorteret i forhold til ovennævnte hovedemner samt relevans. Sorteringskriterier og strukturering af listen efter emne og relevans fremgår af bilag 1, ØG-DDB Litteraturliste.

Fem af rapporterne blev læst fuldt ud, og information herfra har indgået i projektgruppens omfattende diskussioner om teori om måling af rationalisering og effektivisering ved implementering af IKT, metoder til måling af rationalisering og effektivisering, samt udsagn og erfaringer om fordele og gevinster ved BIM/IKT i projekter, virksomheder, virksomhedssystemer og hele brancher.

Søgningen gav følgende overordnede resultater:

- Én rapport om målemetoder, specifikt om udviklingen af en modellerings- og målemetodemetode kaldet ISM (Interpretive Structural Modeling - Benefits, Drivers and Dependencies).
- Fire artikler og rapporter om barrierer for IKT-implementering og dermed barrierer for at høste gevinster ved implementering af IKT/BIM.
- 43 artikler og rapporter om fordele ved IKT/BIM brugt i projekter og cases, på forskellige projekter og områder samt i forskellige faser:
 - 2 om krav- og konceptfasen
 - 25 om projektering
 - 5 om udførelse
 - 1 om relationen Total- og Hovedentreprenør/Uderentreprenør
 - 4 om Bygherre/Driftsherre
 - Alle ovennævnte artikler tager udgangspunkt i det enkelte projekt - eller dele heraf - og forsøger at drage paralleller til og vurdere samlede fordele i hele værdikæden, men primært inden for rammerne af det enkelte projekt.

Projektgruppen kunne konstatere, at der som følge af litteratursøgningen ikke dukkede helt nye eller ukendte teorier, metoder eller erfaringer op, som på afgørende vis kunne anviser løsninger på de i projektet opstillede problemstillinger.

4.3 Markante udsagn om teori, målemetoder og måling

- Byggebranchen som helhed - men især projekteringsvirksomhederne og Bygherrer-/Driftsherre - er meget dårligt udstyret med datagrundlag for dokumentation og analyse af ra-

tionalisering, økonomiske omkostninger og gevinster ved investering i produktivitsfremmende værktøjer og metoder.

- Hverken byggebranchen som helhed eller de enkelte virksomheder og brancher har nogen relevant statistik på området.
- Der findes ingen relevante historiske data i virksomhed eller branche, som på mikroplanet kan belyse de økonomiske omkostninger og gevinster ved investering i produktivitsfremmende værktøjer og metoder.
- Alle de i litteraturen fundne udsagn om omkostninger, gevinster, fordele, og potentialer er baseret på empiriske studier i kombination med vurderinger inden for rammerne af et enkelt projekt eller meget få samtidige projekter som sammenlignes.
- Omkostninger, gevinster, fordele, og potentialer identificeres gennem interview med projektmedarbejdere, som sammenligner projekter med anvendelse af IKT/BIM med erfaringer fra tidligere gennemførte, lignende, projekter uden anvendelse af IKT/BIM.
- Omkostninger, gevinster, fordele, og potentialer er slet ikke - eller kun i ringe grad - underbygget med økonomiske nøgletal eller historiske fakta, eller udelukkende baseret på samlede erfaringer om hvordan det gik økonomisk og kvalitetsmæssigt i tidligere, lignende projekter.
- Alle de i litteraturen fundne udsagn om omkostninger, gevinster, fordele, og potentialer er udtrykt med megen usikkerhed, og ofte med meget detaljerede og omfattende forbehold.

Disse udsagn bekræftede i høj grad projektgruppens forundersøgelser. Der findes i litteraturen reelt kun referencer til casestudier som dækker enkeltprojekter eller parallel-projekter, og opgørelser af gevinster og potentialer, som er vurderinger baseret på erfaringsbaserede udsagn fra medarbejdere. På dette område var der så til gengæld god inspiration at hente vedr. spørge- og analysemetodik mv.

Alt i alt underbyggede litteraturstudierne i høj grad projektgruppens opfattelse af, at der på det teoretiske og målemetodiske område reelt kun fandtes den UK-udviklede målemetodik, som blev tilpasset og benyttet i "Bedst i Byggeriet" (se metodebeskrivelsen), og at vejen frem måtte gå gennem en videreudvikling af denne metode inspireret af erfaringerne fra dens anvendelse og af erfaringerne fra de mange casestudier i litteraturen.

4.4 Markante forskelle mellem målemetoden i ØG-DDB og i cases fra litteraturen

Skal vi kort beskrive de væsentligste forskelle på den metode, der er anvendt i ØG-DDB og i en flæthed af de gennemgåede cases, vil vi fremhæve følgende:

Kortlægning af effektmålingens kontekst

Der er i litteraturen generelt en tendens til at nedtone eller ignorere betydningen af den kontekst, hvori effektmålingen foretages. Oftest kortlægges/beskrives kun de mere overordnede karakteristika såsom part/partier og f.eks. fase. Resultatet heraf er, at de estimer og vurderinger som fremlægges, er umulige eller vanskeligt at vurdere sandhedsværdien af, bl.a. fordi sammenligninger mellem cases er meget vanskelige eller umulige.

Et af principperne bag ØG-DDB's metodegrundlag er derfor, at konteksten for effektmålingerne er af afgørende betydning for forståelsen/fortolkningen af de udførte effektmålinger. I metodegrundlaget for ØG DDB kortlægges og analyseres de identificerede særlige kontekstafhængige parametre, der er afgørende for netop forståelsen og fortolkningen af den udførte effektmåling. Denne tankegang understøt-

tes og formidles af de værktøjer som er en del af metoden. Resultatet heraf er, at det er muligt for alle at vurdere og sammenligne værdien af gevinster og omkostninger mellem cases gennemført og beskrevet med ØG-DDB's metode.

Brugen af forskellige typer af effekter

Det er alment anerkendt i de udvalgte kilder i litteraturstudiet at der eksisterer forskellige typer af effekter, som følge af anvendelse af IKT. Der er dog omvendt ikke enighed om hvilke typer af effekter, der bør indgå i en effektmåling. Der er dog generelt konsensus om, at der skal skelnes mellem de økonomisk målbare og ikke-målbare effekter, hvilket eksempelvis Construct IT's metode er baseret på. I ØG-DDB er vi gået nogle skridt videre, da der er opstillet et framework for, hvordan typebestemmelsen af effekterne kortlægges. Dette er en vigtig del af metoden, da fastlæggelsen af typen af effekt er afgørende for hvordan målingen foretages, herunder hvilke typer af måledata, der konkret skal indsamles.

Konkrete målinger af omkostninger, gevinster og IKT-risici

I litteraturens cases er det en normalt anvendt praksis at kalkulere effekter baseret på subjektive, estimerede effektoverslag, som fremskrives ud fra den opstillede analyseramme. I ØG DDB foretages der først og fremmest konkrete målinger af effekter baseret på objektive målte data og alternativt - hvis ikke det er muligt - at benytte den første fremgangsmåde, at indsamle nøglepersoners subjektive estimater på centrale nøgleparametre, som samlet er bestemmende for effektens værdi (dvs. størrelse). Denne systematik og metode gør det muligt - ved at sammenligne flere cases med hinanden - successivt at forbedre resultaterne gennem at justere beregningsparametre for skønnede værdier, og derved successivt øge graden af sikkerhed også på de vurderede dele af de skønnede effektoverslag.

Markante, generelle udsagn om fordele ved IKT/BIM

- De høstede fordele og gevinster i den enkelte proces er marginale i forhold til det skønnede potentiale.
- Først når alle virksomhederne i et projekt er med inden for rammerne af et samlet IKT/BIM-koncept, og man dækker hele/store dele af værdikæden, kan hele - eller større dele - af det skønnede, samlede store potentiale realiseres.
- En forudsætning for gennemførelse af totaløkonomiske betragtninger og for realisering af totaløkonomiske beregninger er, at der arbejdes med BIM under projekteringen, og at historiske driftserfaringer og benchmarking tal baseres på BIM-baserede FM-systemer.

Udsagn om gevinster, fordele, potentialer og omkostninger

Den gennemgåede litteratur er fuld af eksempler på faktiske, skønnede og vurderede gevinster, fordele, potentialer og omkostninger. Disse udsagn har dannet grundlag for en omfattende analyse og diskussion mhp. at identificere gevinst-, potentiale- og omkostningstyper, som kunne medvirke til udviklingen af begreber, som kan danne grundlag for en identifikation og strukturering af begreberne inden for det samlede undersøgelsesområde.

Nedenstående er - i tilfældig orden - oplistet et flertal af de **gevinster, fordele og potentialer**, som litteraturen behandler:

- øget produktivitet
- bedre kvalitet

- bedre tid
- bedre pris
- bedre styring af kvalitet, tid og pris
- 3D er et plus for forståelsen af projektet for alle
- 4D - simuleringer er et plus for planlægningen
- sikrere kalkulation og korrekt kontrahering
- kollisionscheck er muligt og minimerer fejl
- ledelsesoverblik og styringsevne øges
- billigere garantier og forsikringer
- færre fejl og mangler
- højere brugsværdi
- bedre handelsværdi
- bedre kundetilfredshed
- mere demokratisk proces
- 3D/4D øger værdien af brugerinddragelse
- totaløkonomi bliver mulig
- energisimuleringer bliver økonomisk realistiske og alternativer kan testes
- miljø simuleringer bliver økonomisk realistiske og alternativer kan testes
- arbejdsmiljø forbedres
- bedre design
- større industrialiseringsgrad
- mindre arbejde på plads - mere på fabrik
- 30% bedre samarbejde
- 30 - 50% mindre mødetid for håndværkere
- just in time bliver muligt
- mindre materialehåndtering på plads
- mindre lagre
- mindre spild
- 30% reduktion af mandetimer (MEP)
- 100% præfab (MEP)
- 0,2% ændringer (MEP)
- 0% fejl og kollisioner (MEP)
- 6 mdr. kortere tidsplan (MEP)
- prisbesparelse 9 mio. \$ (MEP)
- forbedret logistik - også med RFID
- autocheck af designregler
- digital byggesagsbehandling
- KS effektiviseres
- tidligere fastlæggelse af reel pris (Tot-Øk)
- mere miljøvenligt byggeri
- energibesparende produktion
- papirbesparende (CO2)

Nedenstående er - i tilfældig orden - oplistet et flertal af de **barrierer, omkostninger** eller negative konsekvenser, som litteraturen behandler:

- SW - funktioner og interfaces lader meget tilbage at ønske

- meget ringe understøttelse af FM-funktioner
- tekniske barrierer af organisatorisk og økonomisk art
- barrierer af forretningsmæssig og konkurrencemæssig art
- kulturelle barrierer
- forskelligt niveau mellem virksomheder
- uens kompetencer hos medarbejdere
- uens implementeringspolitikker og -strategier hos virksomheder der samarbejder i et projekt
- paradigmeskift - BIM som forandringsagent for proces- og forretningsmodeller
- stejl indlæringskurve for IKT/BIM
- fraværet af produktdata på digital form
- datakommunikation ikke fejlfri
- manglende BIM-standarder

4.5 Omkostnings- og gevinsttyper i litteraturen

Projektgruppens gennemgang af litteraturen og erfaringerne fra "Bedst i Byggeriet" samt kendskabet til branchens erfaringer med implementering af IKT/BIM - senest i forbindelse med gennemførelse af arbejdet i "Implementeringsnetværket for Det digitale Byggeri" - dannede grundlag for en analyse og diskussion mhp. at identificere gevinst-, potentiale- og omkostningstyper, som kunne medvirke til afklaring og udviklingen af begreber, som kunne danne grundlag for en strukturering af de objekter, der skulle indgå i målemetoden.

Projektgruppen identificerede gennem en længere proces følgende gevinst- og omkostningstyper. Disse kategorier er senere under forløbet blevet yderligere kategoriseret i forbindelse med den konkrete tilrettelæggelse af målemetodikken og spørgerammer.

Gevinster efter "art"

- Økonomiske
 - Reduktion af omkostninger
 - Forøgelse af produktivitet
- Processuelle
- Kvalitetsmæssige
- Tidsmæssige
- Funktionelle

Omkostninger efter "art"

- Økonomiske
- Processuelle
- Kvalitetsmæssige
- Tidsmæssige
- Funktionelle
- Investeringer (Mandskab, Materialer, Materiel, Metoder)
- Investering i virksomhed
- Investering i projekt
- Løbende omkostninger
- Forringet produktivitet

Gevinster efter placering i værdikæden

- **Direkte**
 - i den konkrete funktion i værdikæden
- **Indirekte**
 - i andre dele af den samme værdikæde
- **Afledte**
 - i andre funktioner
 - i andre værdikæder
 - hos andre parter

Gevinster og omkostninger efter organisatorisk placering

- I projektet
- Hos personer (projektlederen)
- I virksomheden
- I virksomhedssystemet
- I leverancesystemet
- Hos kunden
- I branchen
- Nationaløkonomisk

Gevinster efter "synlighed" og realiseret anvendelse

- Ofte er de direkte gevinster de mindste, men de mest synlige, mens de indirekte og afledte gevinster er størst, men mindst synlige i den enkelte virksomhed
- Hvordan og hvem opdager gevinsten
- Hvad bruges gevinsten til
 - i projektet
 - i virksomheden
- Kvalitetsløft eller bundlinje
- Prissætning af værdien af at kunne noget som kun få andre kan.

Referencer:

Der henvises til referencerne i kapitel 15 Appendix 1: *Kilder*. Den samlede litteraturliste ligger i værktøjetl *ØG-DDB Litteraturliste*, hvor den anvendte litteratur er samlet og behandlet i et regneark.

5 Potentialer ved digitalisering

5.1 Samlede gevinstpotentialer for IKT-koncepter

Når man skal måle effekter ved implementering af IKT-koncepter i byggeprojekter og i virksomheder i forbindelse med casestudier er det vigtigt at kunne specificere de områder, der skal underkastes økonomiske målinger og vurderinger, og der er i projektgruppen løbende blevet foretaget en overordnet analyse af de potentialer, som digitalisering og implementering af en 3D arbejdsmetode overordnet indeholder. Resultaterne fra analyserne er indskrevet i en 'Potentialeliste', som udgør en samlet liste over potentialer. Denne potentialeliste indgår i metodeværktøjet, som en inspirations- og huskeliste til anvendelse, når man konkret i casen identificerer gevinstområderne i IKT-konceptet. De faktisk udførte effektmålinger vil så godtgøre, i hvilket omfang potentialerne er indfriet. Denne fremgangsmåde er valgt

for at kunne udføre en målrettet afsøgning af gevinstfeltet, og for ikke at være bundet af tilfældige udsagn i dialogen med repræsentanterne fra casen.

Kilder til potentialeregistrering

I starten var potentialelistens indhold styret af projektgruppens egne erfaringer suppleret med potentialebeskrivelser i litteraturen, dvs. de kilder der er anvendt i projektet. For en nøjere beskrivelse henvises til kapitel 02, Litteraturstudier, hvor der er refereret til de konkrete kilder. Ved gennemførelsen af de 4 casestudier er der fremkommet nye gevinstområder, som er opstået ved dialogen med de projektmedarbejdere, der er blevet interviewet, samt ved diskussion i projektgruppen. Disse nye gevinstområder er løbende blevet indskrevet i potentialelisten, som dermed er blevet mere og mere fyldestgørende. Den nuværende version af potentialelisten er således fuldt opdateret i forhold til de 4 cases, og den indgår i ØG-MM værktøjernes effektivtivering. Det skal bemærkes, at potentialelisten ikke er statisk, men vil udvikle sig i takt med, at digitaliseringen af byggeriet udvikles og åbner op for nye gevinstområder.

Gevinst som udtryk for effekten

Potentialerne er beskrevet som positive effekter i form af 'gevinster'. Dette er valgt for at gøre potentialelisten mere operationel i en casestudie situation, hvor man går efter at opsøge gevinster, som var dette projekts formål. Man kunne have valgt det mere neutrale begreb 'effekt', der kan beskrive positive og negative værdier. Når der her anvendes begrebet 'gevinst' er det defineret således, at det både kan rumme positive og negative værdier, altså også rumme en negativ gevinst.

Potentialelistens struktur og indhold

Potentialelisten peger på en lang række nøgleprocesser, der rummer et gevinstpotentialer. Listen er struktureret i forhold til de faser, hvori de optræder, og dermed også i forhold til de faglige aktører. På næste niveau er den struktureret i forhold til de hovedaktiviteter, der er beskrevet i 3D arbejdsmetoden fra Det Digitale Byggeri. Dette er gjort alene for at strukturere listen, så den er operationel i en casestudiesammenhæng. Under en effektmåling i et casestudie kan man således tage udgangspunkt i hovedaktiviteterne, og senere gå ned i de detaljerede processer. Der gøres opmærksom på, at der kan forekomme processer, hvor der indgår mere end én hovedaktivitet. Disse aktiviteter er placeret under den hovedaktivitet, som er mest dominerende.

De enkelte processer er beskrevet standardiseret og med fokus på gevinstpotentialer (bedre..., reduktion af tid... osv.). Herefter er beskrevet typen af gevinst, kvantitativ eller kvalitativ. Projektets metode opererer med begge kategorier, dog med fokus på de kvantitative gevinster, hvilket listen også bærer præg af. Hvor præcist man kan kvantificere viser sig i den enkelte måling. Herefter kommer et bud på, hvad der måles på. Der vil i en konkret proces være flere muligheder for at udtrykke en rationaliseringsgevinst. Dette er en udfordring for kreativiteten. Man skal vurdere om man kan opnå tal på eksempelvis timerreduktion eller man bygger på et estimat fra en erfaren projektmedarbejder i procenter.

5.2 Potentialelisten

Generelt for samlet proces:

Samarbejde

- Større arbejdsglæde gennem et integreret samarbejde mellem projektets virksomheder og deres medarbejdere. Kvalitativ gevinst – eller estimat på en produktivitsfremgang). Målgruppe: Alle parter.

- Bedre projektudvikling og forbedrede arbejdsprocesser ved 3D arbejdsmetode. Kortere procestider. Kvantitativ gevinst – et måling på tidsreduktion). Målgruppe: Alle parter.
- Færre fejl grundet bedre konsistens i projekt materialet. Kvantitativ gevinst – måling/estimat på sparet tid ved fejlretning og færre konflikter og stop på byggepladsen. Kan være placeret under udførelsesfasen. Målgruppe: Alle parter.

Projektledelse

- Større pålidelighed af projekt materialet gennem 3D modellering, concurrency. Kvalitativ gevinst – eller estimat på tidsreduktion i de enkelte processer (vil kunne måles ved konkrete processer - se under faserne). Refererer til punkterne 'risk management' og 'bedre kvalitet af projekt materialet'. Målgruppe: Alle parter.
- Bedre kvalitet af projektdokumentationen – og af informationerne. Kvalitativ gevinst – eller estimat på tidsreduktion i de enkelte processer (vil kunne måles ved konkrete processer - se under faserne). Målgruppe: Alle parter.
- Bedre beslutningsstøtte via adgang til flere informationer (kvalitativ gevinst – eller et måling på tidsreduktion). Målgruppe: Alle parter.

Risikostyring

- Forbedret 'risk management', reduktion i usikkerheder. Kvalitativ gevinst – estimat på en tidsreduktion). Målgruppe: Alle parter.

Kommunikation

- Bedre kommunikation mellem aktørerne i værdikæden. Kvalitativ gevinst – eller estimat på tidsreduktion i de enkelte processer (vil kunne måles ved konkrete processer - se under faserne). Målgruppe: Alle parter.
- Bedre overblik og transparens i projekt og proces. Kvantitativ og kvalitativ gevinst. Målgruppe: Alle parter(primært produktion og FM).

Økonomi

- Bedre mulighed for at udvikle nye, modelbaserede forretningsområder. Kvalitativ gevinst. Målgruppe: Alle parter.
- Aflevering af procesresultater til tiden. Kvantitativ – registrering af opfyldelse af afleveringsaftaler. Målgruppe – Alle.
- Forbedret mulighed for innovation, grundet IKT-værktøjer og 3D arbejdsmetoder. Kvalitativ gevinst – eller estimat på tidsreduktion i processer). Målgruppe: Alle parter.

Branding

- Branding som teknologisk ledende i 3D og BIM. Kvalitativ gevinst – underbygget ved fastholdelse af kunder samt tiltrækning af nye). Målgruppe: Alle parter.
- Forbedret mulighed for større kompleksitet i bygningsdesignet. Kvalitativ gevinst – vurdering på skala. Målgruppe: Rådgiverne, udførende og bygherre.

Human resources

- Bedre mulighed for at fastholde og rekruttere innovative medarbejdere. Kvalitativ gevinst, som er vanskelig at måle. Målgruppe: Alle parter.

Programfasen:

Modellering

- Bedre muligheder for at formulere og fastholde bygherreværdier og brugerkrav. Kvalitativ gevinst. Målgruppe: arkitekt, bygherrerådgiver og bygherre.
- Forbedret mulighed for at opfylde DDB's Bygherrekrav for statsligt byggeri. Kvantitativ gevinst – måling af antal krav, der opfyldes. Målgruppe: Rådgivere og statslige og evt. andre bygherrer.

Koordinering og konsistenskontrol

- Større afklaring af og konsistens i programmet for byggeprojektet ved hjælp af bygningsmodel, informationsniveau 0 (kravmodel). Kvalitativ og kvantitativ gevinst – vurdering af programkvalitet samt måling af reduceret procestid. Målgruppe: Bygherre og rådgiver.

Udveksling

- Forbedret adgang til information gennem etablering af udvekslingsplatform, projektweb eller server. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion ved søgning af information og indirekte ved trafik på f. eks. projektweb. Målgruppe: Alle projektparter.
- Bedre Kommunikation mellem bygherre og bygherrerådgiver/arkitekt. Kvalitativ og kvantitativ gevinst – vurdering af samarbejdsklima samt måling af henvendelser mellem parterne i sparet tid. Målgruppe: Arkitekt, bygherrerådgiver og bygherre.

Simulering

- Bedre muligheder for løbende at kontrollere projektforslag op mod strukturerede bygherreværdier og brugerkrav. Målgruppe: Arkitekt, bygherrerådgiver og bygherre.

Dataudtræk

- Ikke relevant.

Tegningsgenerering

- Ikke relevant.

Visualisering

- Ikke relevant.

Designfasen:

Modellering

- Bedre mulighed for projektændringer. Kvantitativ gevinst – måling på tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne.

Koordinering og konsistenskontrol

- Bedre projektkoordinering og konsistenskontrol internt via 3D objektbaseret bygningsmodeller. Kvantitativ gevinst – måling på tidsreduktion ved koordinering. Målgruppe: Arkitekt og ingeniørrådgivere.

- Bedre projektkoordination og konsistenskontrol eksternt med andre projektparter via 3D objektbaserede bygningsmodeller. Kvantitativ gevinst – et måling på tidsreduktion ved koordinering). Målgruppe: Arkitekt og ingeniørrådgivere.

Udveksling

- Tidsreduktion ved udveksling af projektinformation mellem parterne ved brug af fagmodeller. Kvantitativ gevinst – måling af udvekslingshastighed og –frekvens. Målgruppe: Rådgiverne, bygherren.

Simulering

- Bedre bygningskvalitet og kravtilfredsstillelse på bygningsegenskaber (opfyldelse af bygherrens krav) ved simulering/beregning af bygningsegenskaber, eksempelvis: bygningens udseende, energiforbrug, indeklime og omkostninger til anlæg og drift (totaløkonomi). Kvantitativ og kvalitativ gevinst - måling af bygningsegenskaber efter udførelse (eks. energiforbrug pr. m², indeklime tilfredshedsundersøgelse m.v. Målgruppe: Rådgivere og bygherre og brugere.

Dataudtræk

- Tidsreduktion ved overslagsberegninger ved dataudtræk til regneark for beregning (energi, økonomi m.v.). Kvantitativ gevinst - måling af tidsforbrug til dataudtræk. Målgruppe: Rådgiverne.

Tegningsgenerering

- Forbedret tegningsproduktion, KS. Kvalitativ og kvantitativ gevinst – på tegningskvalitet samt tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne.

Visualisering

- Bedre kommunikation med bygherre via 3D objektbaseret model gennem visualiseringer af model. Kvalitativ og kvantitativ gevinst – estimat på bygherretilfredshed og tidsreduktion). Målgruppe: Rådgivere og bygherre.

Projekteringsfasen:

Modellering

- Forbedret myndighedsbehandling med brug af 3D objektbaseret bygningsmodel. Kvantitativ gevinst – måling på tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne og bygherre samt myndigheder.

Koordinering og konsistenskontrol

- Bedre koordinering af projektinformationer, konsistenskontrol via bygningsmodel. Kvantitativ gevinst – måling på tidsreduktion, antal fejl og uoverensstemmelser. Målgruppe: Rådgiverne.
- Mere konsistent projektmateriale med reduktion af fejl. Kvantitativ gevinst – måling af fejl i materialet samt måling af problemer (processtop, fejlbestilling, spild) på byggepladsen. Målgruppe: Rådgiverne, udførende, byggevarerleverandører.

Udveksling

- Bedre bygbarhed ved inddragelse af produktions- og produktinformationer, byggevarer, produktionsteknologi, bygbarhed mm. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion ved udførelse. Målgruppe: Rådgiverne, entreprenørerne og byggevareleverandørerne.

Simulering

- Forbedrede bygningsfysiske og funktionelle egenskaber ved simulering af eksempelvis energiforbrug, indeklimate, CO₂ og bæredygtighed mm. Kvalitativ og kvantitativ gevinst – måling/beregning af energiforbrug o.a., Målgruppe: Rådgivere, bygherre og samfundet.
- Forbedret projektdokumentation ved anvendelse af modeldata til beregninger. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion samt fejlreduktion. Målgruppe: Rådgiverne.
- Bedre kalkulation af anlægsomkostninger og drift. Kvantitativ gevinst – måling på tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne og bygherre.

Dataudtræk

- Forbedret mulighed for datagenerering i lister og mængdefortegnelser. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne.
- Hurtigere tilbudsregning, modelbaseret, herunder tidsreduktion ved granskning. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: De udførende.

Tegningsgenerering

- Hurtigere produktion og opdatering af tegningsmaterialet. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne.
- Mere brugermåltet tegningsmateriale fra 3D objektbaserede bygningsmodeller. Kvantitativ gevinst – måling hos brugerne (entreprenører og håndværkere). Målgruppe: Udførende og (arkitekt og andre rådgivere).

Visualisering

- Bedre beslutningsgrundlag ved brug af visualisering, modelbaseret. Kvalitativ gevinst – vurdering på skala. Målgruppe: Byggeledelse, rådgiverne og byg- og driftsherren.

Udbud/tilbudsfasen:

Modellering

- Større sikkerhed i tilbudsgivningen. Kvantitativ gevinst – måling på økonomisk overskud/tab ved tilbud. Målgruppe: De udførende.
- Reduktion i tilbud ved forhandling, modelbaseret sikkerhed for datavaliditet. Kvantitativ gevinst – måling af prisreduktion. Målgruppe: Bygherre og udførende

Koordinering og konsistenskontrol

- Laveretilbudspriser grundet arbejds metode med digitale bygningsmodeller (bedre overblik over konstruktioner, bedre konsistens i projektmaterialet, automatisk generering af data). Kvantitativ gevinst – måling af prisreduktion.

Udveksling

- Bedre udbudsforretning ved etablering af udbudsportal til digitalt udbudsmateriale samt til digitale tilbud. Kvantitativ gevinst – måling af tidsbesparelse og reduktion i materialeudgifter. Målgruppe: Rådgiverne og de udførende.

Simulering

- Hurtigere evaluering af tilbud ved modelbaseret metode. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Bygherre, rådgivere.

Dataudtræk

- Forbedret mulighed for generering af styklister fra bygningsmodellen til mængdefortegnelser. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne og de udførende.

Tegningsgenerering

- Ikke relevant.

Visualisering

- Bedre overblik ved tilbudsregning gennem visualisering af byggeprojektet ved hjælp af modeller. Kvalitativ gevinst – vurdering af værdi/tidsbesparelse. Målgruppe: De udførende, entreprenører, byggevareleverandører.

Produktionsforberedelsesfasen:

Modellering

- Bedre specifikation af delkomponenter (komponenter og systemer) gennem digitale modeldata til underleverandører. Kvantitativ gevinst – måling af tid for specifikation og produktion. Målgruppe: Rådgivere, udførende og underleverandører.
- Besparelser ved større omfang af præfabrikerede komponenter samt standardløsninger grundet projektaterialet/modellernes konsistens og nøjagtighed. Kvantitativ gevinst – måling af omfang af præfabrikation i forhold til 'in situ'. Målgruppe: De udførende og byggevareleverandører.

Koordinering

- Bedre koordinering af arbejdet mellem fagentreprenører. Kvantitativ gevinst – måling på entreprisetid. Målgruppe: Alle udførende.

Konsistenskontrol

- Reduktion af fejl i projektaterialet ved konsistenskontrol af model. Kvantitativ gevinst – måling af antal fejl. Målgruppe: De udførende.

Udveksling

- Reduktion i tid og dokumentation mellem fagentreprenører og byggevareleverandører. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: De udførende og byggevareleverandører.

Simulering

- Bedre planlægning af tid, økonomi og logistik, 4D og 5D, specielt til støtte for hoved- og totalentreprisestyring. Kvantitativ gevinst – måling af procestid. Målgruppe: Alle udførende.
- Bedre bygbarhed ved simulering af montage, byggepladsindretning m.v., modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af procestid og vurdering i forhold til normalt. Målgruppe: Alle udførende.

Dataudtræk

- Reduktion i resourceforbrug ved materialebestillinger håndteret digitalt. Kvantitativ gevinst – måling af besparelse i materialer og tilsyn. Målgruppe: De udførende.

Tegningsgenerering

- Tidsreduktion ved ændringer og opdateringer af tegningsmaterialet til bygbart. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne, de udførende, byggevareleverandører.

Visualisering

- Forbedre kommunikationen af pbyggeprojektets karakteristika gennem modelanvendelse. Kvalitativ gevinst – vurdering af nytteværdi. Målgruppe: Alle udførende, rådgiverne.

Produktionsfasen:

Modellering

- Hurtigere gennemførelse af delprocesser ved at arbejde modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af tidsbesparelse. Målgruppe: Udførende, fagentreprenører, håndværkere.
- Forbedret cashflow og projektøkonomi ved registrering, modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af besparelse ved styring af udbetaling i forhold til fremdrift. Målgruppe: Bygherre, rådgivere og udførende.

Koordinering

- Hurtigere afvikling af rådgivergruppen under produktionen på byggepladsen. Kvantitativ gevinst – måling af bemandingsafvikling og dermed evt. tidsreduktion. Målgruppe: Rådgivere.
- Reduceret tid til byggemøder ved anvendelse af modeller til kommunikation. Kvantitativ gevinst – måling af sparet tid. Målgruppe: Rådgivere, udførende, projektleder/byggepladsleder.

Konsistenskontrol

- Færre RFI forespørgsler grundet høj kvalitet projektmateriale og evt. adgang til modeldata. Kvantitativ gevinst – måling af tidsbesparelse. Målgruppe: Rådgiverne og udførende.
- Færre processtop på byggepladsen grundet færre fejl i projektmaterialet. Bygningsmodel som støtte for kvalitetssikring gennem konsistenskontrol. Kvantitativ gevinst – måling af større og mindre montagestop på byggepladsen. Målgruppe: Entreprenører og rådgivere.
- Bedre kvalitetssikring af byggeriet, herunder omfang af kontrol gennem tilsyn. Kvantitativ gevinst – måling af tidsforbrug til kontrol. Målgruppe: Rådgivere og udførende.

Udveksling

- Hurtigere adgang til opdateret projektdokumentation, modelbaseret (fælles portal, projektweb m.v.). Kvantitativ gevinst – måling af accesstid. Målgruppe: Rådgiverne, de udførende, byggevareleverandører.

Simulering

- Bedre projektstyring, indkøb og logistik ved brug af bygningsmodeller. Kvantitativ gevinst – måling af samlet tidsforbrug til udførelsen samt evt. delprocesser. Kvantitativ gevinst – måling af samlet procestid sammenholdt med projektets kompleksitet og omfang. Måling af delprocesser. Målgruppe: Udførende, byggevareleverandører.

- Bedre bygbarhed gennem kollisionskontrol og processimulering. Kvantitativ gevinst – måling af antal byggestop samt reduktion i produktions- og montagetid. Målgruppe: Udførende og producenter/underleverandører.

Dataudtræk

- Mindre ressourceforbrug (resourceoptimering) gennem mere akkurate/valide projektfølgere samt logistikoptimering (processimulering). Kvantitativ gevinst – måling af spildtid og samlet planlægningstid. Målgruppe: de udførende og underleverandører.
- Mindre spild på byggepladsen grundet bedre tidsstyring af materialebestillinger (in time), mere korrekte materialebestillinger på antal og kvalitet via dataudtræk fra model. Kvantitativ gevinst – måling af spild. Målgruppe: De udførende og materiale- og underleverandører.

Tegningsgenerering

- Tidsbesparelse ved opdatering af tegningsmaterialet til 'as built', modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne, de udførende.

Visualisering

- Hurtigere forståelse og bedre overblik over byggeprojektet (struktur, knudepunkter m.v.) ved visualisering af bygningsmodeller. Kvalitativ gevinst – vurdering af gransknings-tid. Målgruppe: Alle parter.

Afleveringsfasen

Modellering

- Bedre kvalitetssikring af 'as built' projektmaterialet ved brug af digitale modeller. Kvantitativ gevinst – måling/stikprøvekontrol/vurdering af fejl og mangler ved det afleverede 'as built' materiale, evt. måling senere af fejl under driften. Målgruppe: Entreprenører, byggevarerleverandører og drift/bygherre.

Koordinering og konsistenskontrol

- Besparelser i forb. m. garanti og service. Kvantitativ gevinst – måling af mangler samt byggherre- og brugerhenvendelser efterfølgende (1 og 5 års eftersyn). Målgruppe: Udførende, producenter, byggherre.

Udveksling

- Tidsbesparelse ved digital aflevering af drifts- og vedligeholdelsesdata til driftsherren. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: rådgivere og udførende.
- Tidsbesparelse ved modelbaseret aflevering af drifts- og vedligeholdelsesdata til driftsherren. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgivere og udførende.

Simulering

- Ikke relevant.

Dataudtræk

- Tidsbesparelse ved registrering af mangler, modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgivere, entreprenører, byggherre.

Tegningsgenerering

- Tidsbesparelse ved udarbejdelse af 'as built' tegningsdokumentation, modelbaseret. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgiverne, de udførende.

Visualisering

- Bedre kommunikation af det afleverede projekt (finansiering, udlejningsprospekt m.v.). Kvalitativ gevinst – vurdering af nytteværdi. Målgruppe: Byg- og driftsherre, administrator, lejer.

Drift og vedligeholdelsesfasen:

Modellering

- Tidsreduktion ved evaluering af D&V-entrepriser med brug af digital bygningsmodel. Kvantitativ gevinst – måling af tidsforbrug til evaluering. Målgruppe: Byg- og driftsherre, bygherrerådgiver
- Tidsreduktion ved til- og ombygning gennem et opdateret modelgrundlag. Kvantitativ gevinst – måling af tidsreduktion. Målgruppe: Rådgivere, byg- og driftsherre, finansiell ejer.

Koordinering og konsistenskontrol

- Bedre og billigere drift og forvaltning gennem nye funktioner (lokaleallokering og inventarstyring) muliggjort af den digitale bygningsmodel. Kvalitativ gevinst – vurdering af forbedret driftsperformance. Målgruppe: Byg- og driftsherre, FM/D&V servicevirksomheder.

Udveksling

- Hurtigere formidling af bygningsdata til andre parter ved drift, renovering og ombygning. Kvalitativ gevinst – måling/vurdering af procestid. Målgruppe: Byg- og driftsherre, rådgivere, fagentreprenører.

Simulering

- Besparelser ved drift gennem digitale driftsprocesser støttet af modeldata. Kvantitativ gevinst – måling af tidsbesparelser ved senere driftsprocesser. Målgruppe: Byg- og driftsherre, brugerne.
- Bedre driftsøkonomi forårsaget af energisimulering via bygningsmodel (drifts-fagmodel). Kvantitativ gevinst – måling af energiforbrug ved forskellige alternativer. Målgruppe: Bygherren, driftsherren, lejer, finansiell ejer.
- Bedre overblik over omkostningsfordeling og nedslidning, som medfører bedre prioriterings- og planlægningsmuligheder for såvel drift og konsumtion som for vedligehold. Kvalitativ gevinst – måling/estimering af totaløkonomi over flere år. Målgruppe: Byg- og driftsherre, lejere, finansiell ejer.

Dataudtræk

- Tidsreduktion ved udarbejdelse af udbudsgrundlag for drifts- og vedligeholdelsesopgaver med brug af digital bygningsmodel. Kvantitativ gevinst – måling af tidsforbrug til udbud. Målgruppe: Rådgivere, byg- og driftsherre.
- Tidsreduktion ved tilbudsgivning af drifts- og vedligeholdelsesopgaver med brug af digital bygningsmodel. Kvantitativ gevinst – måling af tidsforbrug til tilbudsgivning, måling af tidsforbrug til evaluering af tilbud. Målgruppe: FM/D&V servicevirksomheder.

Tegningsgenerering

- Tidsreduktion ved til- og ombygning grundet det digitale modelgrundlag, som sparer registrering. Kvantitativ gevinst – måling af tidsforbrug. Målgruppe: Rådgivere, byg- og driftsherre.

Visualisering

- Bedre kommunikation med myndigheder og brugere vedr. bygningsanvendelse m.v. Kvalitativ gevinst – vurdering af nytteværdi. Målgruppe: Myndigheder, brugere.
- Bedre kommunikation med brugerne vedr. rum- og arealanvendelse. Kvalitativ gevinst – vurdering af nytteværdi. Målgruppe: Brugere.

6 Indikatorer for effekter

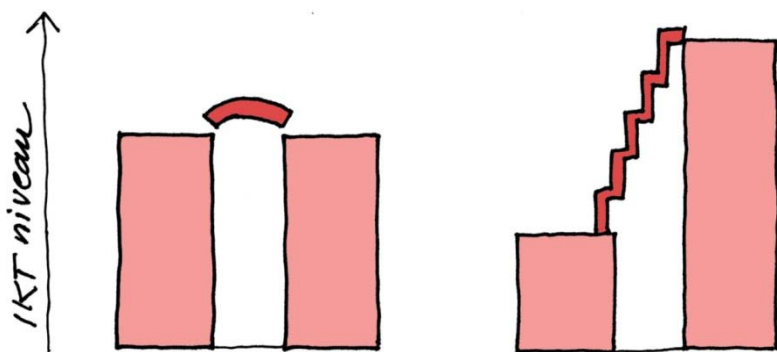
6.1 Generelt

ØG-DDB projektgruppen har igennem hele projektperioden diskuteret de overordnede rammer for opgaven. Projektgruppen har udpeget nogle fokusområder for casestudierne, nogle indikatorer for at identificere gevinster og for at kunne forklare dem i en overordnet kontekst. Indikatorerne har været anvendt af projektgruppen ved diskussionen af revisioner til Metodemanualen ØG-MM samt ved analyser af resultaterne fra casestudierne og konklusionerne af hele projektet. De væsentligste indikatorer vil blive gennemgået her.

6.2 Informationsdybde

Information i en kommunikationsproces

Der er altid risiko for tab af information i en kommunikationsproces uanset om kommunikationen finder sted mellem mennesker eller computere. Det er normalt nødvendigt at transformere forestillinger eller viden til at fremstå på en anden og ofte mere konkret form end de gør hos afsenderen. Tilsvarende skal modtagerne omsætte den kommunikerede information i den menneskelige hjerne til billeder, forståelse, erkendelse osv. og for computerprogrammet gælder det, at informationen enten kan bruges direkte, eller ved at den for at kunne forstås af computerprogrammet skal mappes til programmets egen interne vidensrepræsentationsmodel. For at minimere informationstab i kommunikationsprocessen må afsenderen kende modtagerens evne til at omforme det kommunikerede til brugbare begreber. Såfremt modtageren ikke er i stand til at omsætte den kommunikerede information går al informationen tabt. Mellem mennesker vil der sikkert altid være et informationstab i en kommunikationsproces, men menneskets er bedre at identificere et tab, hvor computerprogrammet forholder sig mere passivt og her kan tabet variere fra 0 til 100 %.



Kommunikation mellem forskellige parter kan ske på forskellige IKT-niveauer. Når afstanden mellem IKT-niveauerne er for stor opstår et problem.

Informationstab

Aktørerne i byggesektoren kommunikerer gennem brug af forskellige kommunikationsmedier, som kan være sprogligt på deres eget eller fremmedsprog i skrift eller tale, tegninger, symboler, fysiske modeller i fuld eller reduceret skala mv. Fagfolk kan indbyrdes benytte et mere kompakt og kodet sprog end de kan i forhold til kommunikationen med lægmand, som ikke har den samme domæneviden. Ved brug af tegninger som kommunikationsmedier vil der være stor forskel i udbyttet hos lægmand og fagmand. Fagmanden er i stand til at tolke symbolske repræsentationer af bygningskomponenter, hvor lægmand ofte kun vil være i stand til at omsætte streger til vægge, døre og vinduer, og dermed går meget information tabt. I den menneskelige kommunikationsproces sker der mange fejl, men mange problemer bliver løst ved at både afsender og modtager gør hinanden opmærksomme på, at de ikke forstår budskabet i kommunikationen. Afsenderen har derfor mulighed for at omformulere sig eller vælge et andet kommunikationsmedie til at bære informationen. Det kan f.eks. ske ved at erstatte en verbal beskrivelse eller 2D-tegninger med en fysisk model, hvorved modtageren ikke behøver at danne en 3D repræsentation af en bygning i sit hoved på basis af en verbal beskrivelse eller 2D-tegninger.

Informationsdybde

Der er muligt at komprimere meddelelser, som skal overføres i en kommunikationsproces ved at forædle måden budskabet overbringes på. Et symbol på en tegning kan omformes til en kompleks komponent i modtagerens univers. Informationsdybden kan betegnes for graden af hvor kompakt en meddelelse er kodet, og dermed graden af det semantiske indhold, dvs. den indholdsmæssige betydning. Det er vigtigt at forstå, at mange af de forhold, som gør sig gældende i den analog kommunikationsproces, også er gældende når der benyttes digital kommunikation.

I forbindelse med digital kommunikation kan der skelnes mellem om den digitale kommunikation alene bruges som bærer af informationen eller om der efterfølgende sker en computerbaseret tolkning af informationen. Der kan skelnes mellem:

- Digitalt båret, analog tolkning
 - F.eks. en skannet håndskitse, der distribueres via en mail som en vedhæftet fil.
- Digitalt båret, direkte computer editerbart, analog tolkning
 - F.eks. et tekstdokument med ustruktureret information men som er editerbart, dvs. computerprogrammet er ikke i stand til at tolke indholdet.
- Digitalt båret, digital tolkning
 - F.eks. en bygningsmodel hvis indhold kan tolkes automatisk i en computer og anvendes til forskellige formål.

I de to øverste tilfælde er det alene mennesker som kan tolke indholdet. Der findes dog undtagelser, idet søgemaskiner i stigende grad er i stand til at tolke indholdet af et dokument, men det vil typisk ikke være tilfældet for de programmer, som benyttes i byggesektoren.

I en digital informationsbehandling er det nødvendigt at håndtere data på ganske bestemte måder for at bevare informationsdybden, når data flyttes på tværs af applikationer. Succesfuld digital kommunikation mellem computerprogrammer er afhængig af aktørerne kender hinandens behov og at disse behov er implementeret i arbejdsprocesserne og i de anvendte it-systemer.

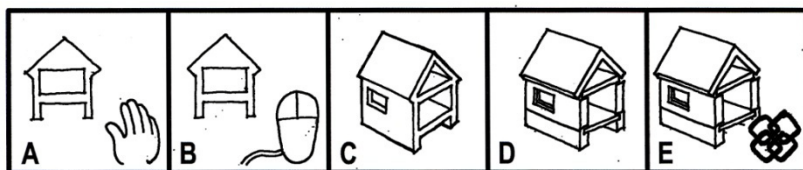
Informationsdybde som del af analyseværktøjet

ØG-DDB projektgruppen har behandlet informationsdybde i forbindelse med metodeværktøjerne på to områder. Det ene område beskriver, hvor omfattende funktionaliteten af modellerne, der indgår i et projekt, er. Det betegnes i metodeværktøjet 'modelniveau'. Det andet område beskriver, hvor omfattende udvekslingen og de tekniske samarbejdsrelationer er i et projekt. Det betegnes i metodeværktøjet 'samarbejdsniveau', her i betydningen det tekniske udvekslingssamarbejde. I litteraturen er der en tendens til at sammenblande/integrere disse to begreber, da man anfører, at de ofte er indbyrdes afhængige. Vi har valgt at adskille dem i to selvstændige områder, da de principielt er selvstændige og da man kan identificere dem i et byggeprojekt hver for sig. De indgår i revisionen af Metodemanualen ØG-MM, som nye kategorier i Effektivtøringsskemaet - både til karakteristik af hele IKT-konceptet, som indgår i værdianalysen, og som karakteristik af den enkelte delproces, som underkastes effektivtøring.

6.3 Modelniveauer

Modelniveauer betragtes som et udtryk for hvilket funktionsniveau en model eller modelrepræsentation befinder sig på og hvor stort informationsindholdet er. Her er der valgt en fem trins skala: fra manuelt udførte tegningen uden forbindelse til model til den fuldt strukturerede BIM model, altså hele spektret fra den ikke-intelligente 2D model (manuelt udført tegning) og til den intelligente, objektbaserede 3D bygningsmodel struktureret til udveksling i et fælles format.

Nedenstående figur og forklaring beskriver de 5 modelniveauer.



Signaturforklaring:

A: Manuel 2D tegning. **B:** Digital 2D tegning. **C:** 3D geometrimodel. **D:** Objektbaseret model.

E: Integreret BIM-model.

- A Manuel 2D tegning.** Manuelt udførte tegninger på papir. Er ikke intelligente og kan alene tolkes visuelt af mennesker. Er dokumenter, der kan kopieres, men er ikke digitalt editerbare.
- B Digital 2D tegning.** Tegninger udført digitalt med et CAD-tegneprogram. Kan være ikke intelligente, strukturerede (informationstyper delt på lag o.l.) samt indeholde en mindre grad af bygningsintelligens (objektbaseret 2D).
- C 3D geometrimodel.** Digital bygningsmodel, som overvejende beskriver form og struktur i 3 dimensioner. Modellerne er ikke eller kun i mindre grad bygningsintelligente. Kan være objektbaserede, men kun på form.
- D Objektbaseret model.** Modellerne er objektbaserede og beskriver objekter og egenskaber indenfor en eller flere fagdiscipliner. En digital bygningsmodel indenfor en fagdisciplin kaldes en fagmodel. Indgår to eller flere fagdiscipliner er det en fællesmodel. Modellerne har deres egne proprietære formater.
- E Integreret BIM-model.** Modellerne er objektbaserede og beskriver objekter og egenskaber indenfor en eller flere fagdiscipliner. Modellerne er opbygget efter gældende internationale og na-

tionale standarder for klassifikation, objektspecifikation, egenskabsdata, informationsniveauer m.m. Kan udveksles gennem fællesformater og åbne standarder.

6.4 Integrationsniveauer

3D arbejdsmetode og integreret design og produktion

Den integrerede anvendelse af digitaliserede metoder og værktøjer har et stort gevinstpotentiale. Dette er hele grundlaget for Det Digitale Byggeri og er hovedbudskabet i litteraturen indenfor byggeriets digitalisering og BIM i de sidste 20 år. Hvordan man opnår gevinsterne og hvilke omstændigheder der skal være til stede i et byggeprojekt for at opnå gevinsterne er mindre behandlet. Digitalisering og BIM er ofte forbundet med ændrede samarbejdsrelationer mellem parterne. Problemet med at introducere BIM i en byggeprojektsammenhæng er, at man ikke alene skal implementere BIM orienterede værktøjer, men at man også i samme moment skal implementere nye arbejdsmetoder, og da disse indgår i et integreret samarbejde med andre parter vokser kompleksiteten. Man kan ikke alene introducere værktøjer og metoder i egen virksomhed, men er nødt til at gøre dette koordineret med sine faglige samarbejdspartnere for at få adgang til effekter på et højere niveau. At samarbejdspartnere varierer fra byggeprojekt til byggeprojekt gør kun problemstillingen vanskeligere at løse.

Integreret samarbejde

Ved beskrivelsen af gevinster og gevinstpotentialer i et konkret byggeprojekt er det vigtigt at være opmærksom på betingelserne for at opnå effekter. De betydeligste gevinstmuligheder viser sig nemlig især i inter-organisatoriske sammenhænge, hvor flere virksomheder skal arbejde sammen, hvad der er typisk for byggesektoren.

Fordele og ulemper

Imidlertid er fordele opnået gennem inter-organisatoriske sammenhænge ikke automatisk sikre. Det afhænger bl.a. af, om anvendelsen af digitale værktøjer er organiseret med disse hensyn in mente. Fordelen ved digitalisering/BIM er jo at alt koordineres, men det kan også være ulempen. Fordelen er at noget, der er produceret ét sted kan genbruges et andet sted. Ulempen er, at hvis det der er produceret ét sted, har en fejl, så vil den kopieres/multipliceres ved gentagelse et andet sted. Ikke blot kan gode ideer hurtigt blive spredt med IT, det kan dårlige også.

IKT anvendelse i et samarbejde

Derfor må IKT-anvendelsen styres centralt. Anvendelse handler både om digitale værktøjer og metoder i den enkelte virksomhed - og udover virksomheden. Nedenstående tabel viser situationen. Der er to dimensioner. Dels om man har IT, der er integreret i Det Digitale Byggeri's forstand, og dels om man IT i intra- eller inter-organisatorisk sammenhæng.

	Integreret IT (koblet)	Adskilt IT (dekoblet)
Intra organisatorisk samordning	Aktiviteter organiseres gennem IT. IT leverer sammenkobling af elementerne i design processen. IT konstituerer virksomhedens designprocedurer, men der er ingen systematisk IT kobling til samarbejdspartnere.	Aktiviteter organiseres gennem en række adskilte processer, som hver især kan baseres på sit egen IT software. Adskilte processer kan evt. bringes på samme IT form ved en særlig indsats typisk ved mellemkomst af personer. Aktiviteter organiseres med udgangspunkt i virksomhedens egen performance.
Inter organisatorisk samordning	Aktiviteter organiseres gennem IT. IT leverer sammenkobling af elementerne i design processen. IT konstituerer virksomhedens designprocedurer, og der er systematisk IT kobling til samarbejdspartnere.	Aktiviteter organiseres gennem en række adskilte processer, som hver især kan baseres på sit egen IT software. Adskilte processer kan evt. bringes på samme IT form ved en særlig indsats typisk ved mellemkomst af personer. Aktiviteter samordnes med samarbejdspartnere gennem andre medier end IT. Evt. IT samordning er et appendiks hertil.

Skema visende effekt niveauer opdelt efter to dimensioner: intra / inter og integreret / adskilt.

Integreret IKT og inter organisatorisk samordning

I forhold til Det Digitale Byggeris præmisser er kvadranten nederst til venstre den optimale. Her anvendes 3D arbejds metode/BIM til at koordinere byggeprojektet i et inter- organisatorisk perspektiv. Alle enkeltvirksomheder har kompetence til at benytte BIM og der er en vilje til at arbejde integreret. Under sådanne omstændigheder er den enkelte virksomhed i stand til hurtigt at koordinere med de andre, og det er i princippet overkommeligt at sikre en god koordinering på modelniveau. I en sådan situation må man forvente at alle gevinstpotentialer har muligheder for at blive indløst. Virksomheden vil i projektet kunne opfylde alle bygherrekrav.

Integreret IKT og intra organisatorisk samordning

Et noget lavere niveau findes i øverste kvadrant til venstre. Virksomheden har implementeret digitale værktøjer og arbejds metoder selv, men har vanskeligt ved at få det udbredt til hele netværket af delta-gende virksomheder i projektet. Det kan skyldes, at der er forskellige kompetenceniveauer og erfaringer i virksomhederne, det kan være der er uenighed om det hensigtsmæssige i fælles procedurer, det kan være at teknologiinvesteringerne er forskellige. Ikke alle virksomheder mestrer måske IKT-konceptet, og derfor kan der ikke være en inter-organisatorisk koordineringsmekanisme, men den kan være en intra-organisatorisk koordineringsmekanisme. Selv om IKT-konceptet er repræsenteret i det konkrete bygge-projekt, så er det kun på skrå, fordi det kun har egentlig effekt i dele af projektet. Det giver mulighed for alle gevinstpotentialer, men kun i et begrænset rum, og derfor bliver effekterne sandsynligvis ikke så store. Økonomisk drejer det sig ikke om projektet, men om virksomheden. Virksomhedstypen vil kunne opfylde de statslige bygherrekrav, der er relevante indenfor dens faglige domæne.

Adskilt IKT og inter organisatorisk samordning

Nederst til højre findes den virksomhedstype, der ikke anvender digitale værktøjer og arbejds metoder til koordinering og samarbejde i væsentlig grad. Det kan godt være man anvender IKT til at koordinere, men den er ikke integreret og modelbaseret; og det kan godt være at man anvender IKT til at uploade tegninger på projektweb, men på et niveau svarende til en harddisk for tegninger. Resultaterne fra de adskilte processer kan evt. bringes på samme format ved en særlig indsats, typisk ved mellemkomst af eksterne ressource (konsulentbistand, outsourcing). Der kan være tale om en virksomhedstype med skepsis imod eller lille erfaring med anvendelse af modelbaserede digitale værktøjer og metoder. Virksomhedstypen kan anvende modelbaserede værktøjer til delfunktioner, men udveksler typisk på dokumentniveau internt og eksternt. Der kan sagtens være tale om anvendelse af andre typer af IKT, CAD,

dokumenthåndtering o.l., men tegninger er distribuerede og koordineres digitalt med mellemrum. Tegningsarbejdet er baseret på uddelegering og på udskydelse af tegningskoordination. Virksomhedstypen vil kunne bringes til at opfylde de statslige bygherrekrav, men ikke som den ledende virksomhed.

Adskilt IKT og intra-organisatorisk samordning

Øverst til højre findes de relationer, der er længst fra intentionerne i Det Digitale Byggeri. Virksomhedstypen har kun ringe anvendelse af integrerende værktøjer og metoder, og de udføres på 'skrømt'. Virksomhederne er overvejende fokuseret på dokumenter og anvender ikke modelbaserede værktøjer til deres hovedaktiviteter. Visse IKT værktøjer kan anvendes, men de anvendes kun i egne, afgrænsede delprocesser. Processerne organiseres med udgangspunkt i virksomhedens egen performance. Resultaterne fra de adskilte processer kan evt. bringes på samme format ved en særlig indsats, typisk ved mellemkomst af eksterne ressourcer. Virksomhedstypen vil ikke umiddelbart kunne opfylde de statslige bygherrekrav.

Effektniveauer som del af analyseværktøjet

ØG-DDB projektgruppen har behandlet emnet 'effektniveauer' løbende igennem hele projektet. Effektniveauer har betydning ved beskrivelse af de enkelte virksomheder på to fronter. Dels som en beskrivelse af den enkelte virksomheds mulighed for at kunne indgå i et integreret projektsamarbejde med andre og dels i en bedømmelse af IKT-niveauet for virksomhedens egne processer.

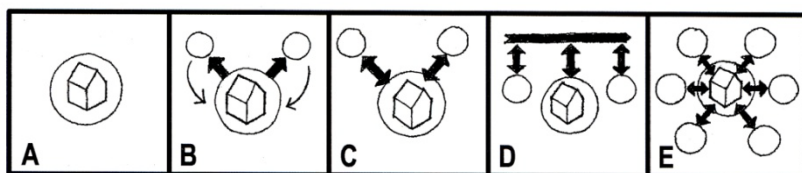
På det helt overordnede plan anvendes 'effektniveauer' således til bedømmelse af virksomhedens IKT-niveau og modenhed. Dette område var tidligere delvist dækket i Metodemanualen ØG-MM's 'Strategisk IKT-anvendelse' skemaet. Dette skema indeholdt en række uhensigtsmæssigheder. Dels var det diffust i sin målsætning (sigtede ikke mod en operationel opdeling i de 4 niveauer beskrevet ovenfor) og dels var det et skema, som blev udfyldt centralt og generelt af den enkelte virksomhed og bar derfor præg af virksomhedens ønske om at få en høj score. I ØG-MM, version 2 er dette skema taget ud og erstatningen er, at effektniveauer nu indgår i skema A, Værdianalysen og udfyldes af den caseansvarlige. Registreringen herfra vil blive overført til casestudiet og indgå i den endelige casebeskrivelse.

På det mere detaljerede plan vil effektniveauerne indgå i effektivt vurderingsskemaet på de enkelte delprocesser gennem kategorierne: modelniveauer og samarbejdsrelationer. Disse kategorier vil give en mere differentieret beskrivelse af effektniveauer, når man er nede på delprocesniveau. En virksomheds effektniveau kan ikke umiddelbart overføres på alle delprocesser. Visse delprocesser kan ligge på et højere effektniveau end andre. Det samme gælder på projektniveau, hvor antallet af medarbejdere til et højt effektniveau kan være begrænset. Derfor er det nødvendigt med en differentiering mellem virksomheds-, projekt- og delprocesniveau.

6.5 Samarbejdsniveau - teknisk

Begrebet samarbejdsniveau beskriver den måde de forskellige aktører interagerer på med hensyn til det digitale og modeltekniske samarbejde og det teknologiske niveau, der udveksles projekthinformationer på.

Nedenstående figur og signaturforklaring beskriver de 5 tekniskesamarbejdsniveauer.



Signaturforklaring:

A: Enkeltfags anvendelse af model. **B:** Envejsdeling af modelinfo. **C:** Tovejsdeling af modeller.

D: Distribuerede modeller på lokal server. **E:** Fuld integreret modelsamarbejde over netværk.

- A. **Enkeltfags anvendelse af model.** Relationen er intern i den enkelte virksomhed. Man arbejder med egen fagmodel og anvender visse af hovedaktiviteterne til egne formål. Man leverer de aftalte, traditionelle leverancer (dokumenter) til andre parter. Man anvender mere primitive afleveringsmetoder end projektweb.
- B. **Envejsdeling af modeller.** Relationen er deling af objektbaserede modeller mellem én eller flere fagdiscipliner. Envejsdeling af modeller betyder, at én aktør, der arbejder med digitale bygningsmodeller, stiller dem eller repræsentationer af dem (typisk tegninger) til rådighed for anden part, der bruger dem som grundlag og tilbagemelder via dokumenter.
- C. **Tovejsdeling af modeller.** Relationen er deling af objektbaserede modeller mellem én eller flere fagdiscipliner. Tovejsdeling af modeller betyder, at én aktør, der arbejder med digitale bygningsmodeller, udveksler dem med anden part, der udveksler tilbage i et aftalt modelformat. Formatet kan være proprietært eller være et fællesformat (IFC).
- D. **Distribuerede modeller på lokal server.** Relationen er deling af objektbaserede modeller over en lokal platform mellem adskillige af fagdisciplinerne. Distribuerede modeller betyder at de er permanent til rådighed for projektets parter på fælles platform indenfor en projektmæssig aftale og en udvekslingsteknisk specifikation.
- E. **Fuld integreret modelsamarbejde over netværk.** Relationen er det fuldt integrerede projektsamarbejde omkring objektbaserede bygningsmodeller mellem alle fagdiscipliner. Udvekslingen foregår ved hjælp af en modelserver eller anden net-baseret teknologi. Der er fuld interoperabilitet mellem modeller.

6.6 Forskellige analyse- og målgruppeniveauer

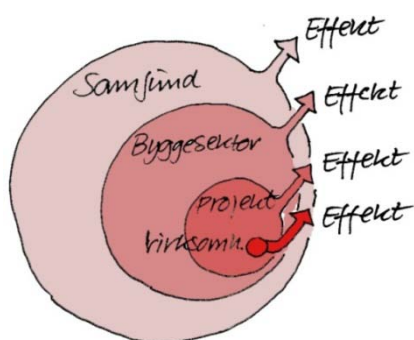


Diagram der viser de forskellige analyse- og målgruppeniveauer. Effekterne måles i den enkelte virksomhed, men har implikationer på højere niveauer.

Organisatoriske forhold

Som allerede beskrevet i kapitel 01, Introduktion, var projektgruppen allerede i beskrivelsen af ansøgningen opmærksom på det forhold, at en aktivitet i en delproces, udover at skabe gevinster i den aktuelle proces, kan skabe muligheder for gevinster i senere processer. Og ikke nok med at det kan dreje sig om senere processer i egen virksomhed, kan det som konsekvens af et projektsamarbejde også dreje sig om processer i andre virksomheder. Dette forhold er specielt vigtigt i forbindelse med digitaliseringen af byggeriet, da byggeri forudsætter en meget højere grad af integration mellem forskellige faggruppers processer. Hvis et byggeprojekt var omsluttet af en enkelt organisation, som eksempelvis industriproduktion af mobiltelefoner eller biler, ville de økonomiske konsekvenser for handlinger være simplere at placere - det gælder både på omkostningssiden og på gevinstsiden.

Projektniveau contra virksomhedsniveau

Byggeri er imidlertid specielt i forhold til mange andre industriproduktioner, i og med at det organisatorisk består af en lang række selvstændige virksomheder, der ved aftaler og kontrakter, byggende på ydelsesbeskrivelser, tradition og meget andet, danner en ny konstellation af samarbejdspartnere ved hvert nyt byggeprojekt, hvor alle er selvstændige virksomheder med egne økonomiske dagsordener. Ved implementering af ny teknologi, som altid vil foregå i den enkelte virksomhed i den forstand, at det, vil den primære målsætning være en fornuftig forrentning af de investerede midler i den enkelte virksomhed indenfor projektets budget. På den anden side er projektniveauet relevant, da det er nødvendigt at se på gevinstomfanget i alle byggeprojektets processer for at få et dækkende billede af de gevinster og gevinstpotentialer, de forskellige implementeringstiltag frembyder for det samlede projekt.

Analyseniveauer som del af analyseværktøjet

I de 4 cases er der blevet arbejdet med de oprindelige 4 analyseniveauer suppleret med et femte: Delprocesniveauet. De 5 analyseniveauer er, taget fra det konkrete til det mere overordnede:

- **Delprocesniveauet.** Delprocesserne repræsenterer det niveau, som de konkrete effektmålinger er rettet imod. Delprocesserne er en delmængde af IKT-konceptet, lokaliseret i en konkret virksomhed. Det er her der implicit identificeres effekter og hvor der kan registres effekter gennem ØG-MM effektvurderingsskemaerne.
- **Virksomhedsniveauet.** Dette niveau repræsenterer den enkelte virksomhed, der indgår i et IKT-koncept, og hvor der anvendes IKT baserede værktøjer og arbejdsmetoder til konkrete delprocesser. Det er på dette niveau, der måles på omkostninger og investeringer gennem ØG-MM omkostningsskemaet.
- **Projektniveauet.** Dette niveau repræsenterer de samlede delprocesser, der indgår i IKT-konceptet uafhængigt af tilhørsforholdet til virksomhederne. Et integreret projektsamarbejde, som digitalisering/BIM understøtter, gør at projektniveauet har betydning metodemæssigt i det omfang en analyseret proces hos en aktør har afledte effekter i processer hos andre aktører. Det er dog sjældent muligt at udarbejde et samlet resultatregnskab på projektniveau, da målinger henvender sig til udvalgte delprocesser hos de enkelte virksomheder. Projektniveauet optræder i ØG-MM's potentialeanalyse.
- **Virksomhedssystemniveauet.** Virksomhedssystemet betragtes som et niveau imellem den enkelte virksomhed og sektoren, og vil således mere nuanceret kunne udtrykke potentialer, gevinster, omkostninger og kompetencer for de forskellige virksomhedstyper i virksomhedssystemet. Dette niveau indgår ikke i målingerne.
- **Sektorniveau.** Dette niveau repræsenterer de forskellige brancher, der indgår i byggeriet samt de mere samfundsmæssige forhold. Dette niveau indgår i ØG-DDB's værdianalyse ved valg af casestudier i betydningen: vigtighed for sektoren.

Målgruppeniveauer

Casebeskrivelserne har til formål at give alle aktører baggrund for at handle gennem information om effekter og gevinstmuligheder. Resultaterne henvender sig til forskellige målgruppeniveauer. Ved formidlingen arbejdes der primært med 3 niveauer:

- **Virksomhedsniveauet**, da projektets resultater er direkte anvendelige for denne målgruppe. Det er i den enkelte virksomhed man træffer beslutninger om implementering af ny teknologi og nye arbejdsmetoder, ligesom det er her kompetenceudviklingen foregår. Den enkelte virksomhed skal på baggrund af projektets resultater kunne vurdere rationalet i en satsning på nye digitale værktøjer og processer, der underbygger en sund forretningsplan. Virksomhedsniveauet retter sig formidlingsmæssigt implicit mod **virksomhedssystemet**, repræsenterende interesseorganisationer for samme faggrupper.
- **Projektniveauet**, da man er nødt til at se ud over virksomhedsniveauet for at kunne vurdere de samlede effekter af en IKT implementering, altså for at få et samlet billede af omkostninger og investeringer på den ene side og effekter, direkte, indirekte og afledte, på den anden. Projektniveauet er også interessant for virksomhederne, da det beskriver relationer mellem samarbejdspartnere afhængigt af samarbejdsform. Projektniveauet er også interessant i relation til Det Digitale Byggeri, som kan betragtes som et statsligt forsøg på at påvirke virksomhederne til at handle ud fra projektinteresser.
- **Sektor/samfundsniveau**, da alle analyseniveauer har en samfundsmæssigt og politisk betydning, hvor resultaterne kan anvendes til nationale og sektororienterede strategier for digitalisering af byggeriet. Resultaterne for det sektor/samfundsmæssige niveau vil ikke direkte blive beskrevet, men kan aflæses ud fra de to niveauer: virksomhedsniveau og projektniveau.

6.7 Identificering af gevinster

Det tidligere afsnit vedr. analyseniveauer beskrev hvordan effekter af en IKT implementering kan optræde som gevinster på forskellige analyseniveauer. Dette forhold var én af de væsentlige erfaringer, der er båret med til dette projekt fra DDB's Bedst i Byggeriet. Problemstillingen er imidlertid ikke simpel, da gevinst-rummet i denne kontekst breder sig over mange processer og mange aktører. Det er imidlertid rimelig enkelt at identificere gevinster i en enkelt proces, hvori der er implementeret digitale værktøjer og/eller en modelbaseret arbejdsmetode og som underkastes en direkte måling.

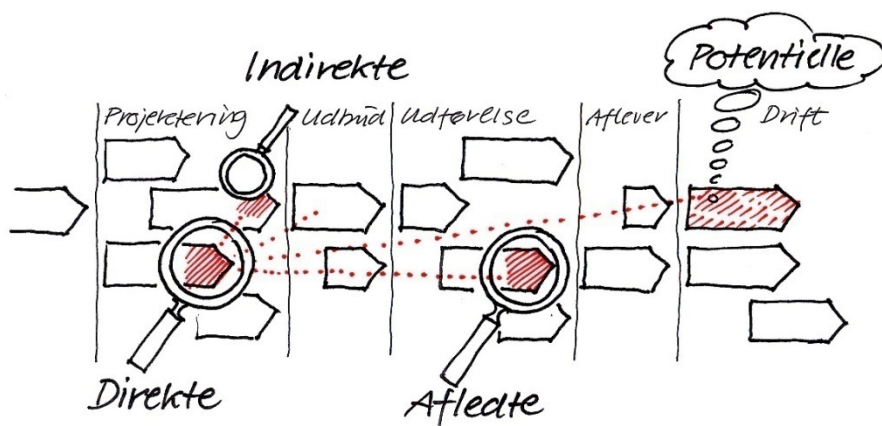


Diagram der viser lokaliseringen af gevinster. Et IKT-værktøj eller en modelbaseret metode kan have en direkte effekt i en konkret delproces i virksomheden. Den kan have en indirekte effekt i anden delproces i samme virksomhed og den have en afledt effekt i delproces i anden virksomhed. Endelig er der gevinstpotentialer, som ikke endnu er indfriet.

Direkte effekter

Som eksempel kan nævnes implementering af et digitalt modelleringsværktøj, som anvendes til tegningsgenerering. Her vil man kunne identificere en rationaliseringsgevinst i forhold en tidligere CAD baseret tegningsproduktion (direkte gevinster).

Indirekte effekter

Det er straks mere vanskeligt at identificere effekter af denne implementering i andre processer, det være sig i samme virksomhed eller uden for virksomheden. I eksemplet med tegningsgenereringen vil en effekt muligvis spores i samme virksomheds kvalitetssikringsfunktion og give den effekt, at eksempelvis kvalitetssikringen kan gennemføres med et mindre tidsforbrug, da den modelbaserede metode i sig selv giver en kvalitetssikring på områder vedr. konsistens i projektmaterialet (indirekte gevinster).

Afledte effekter

Det mere konsistente projektmateriale vil kunne give gevinster i en lang række efterfølgende processer, f.eks. en mere korrekt stykliste i forbindelse med udbud, færre montagestop på byggepladsen grundet færre fejl i projektmaterialet osv. Disse effekter kan ikke måles i den oprindelige virksomhed, men må måles i den virksomhed, der drager nytte af den tidligere implementering. Disse effekter betegnes som afledte gevinster og er karakteriserede ved at kunne optræde flere steder og i et varieret omfang.

Effekternes afhængighed af konteksten

Når man skal placere direkte, indirekte og afledte effekter beskrivelse er det nødvendigt at udpege en delproces som den determinerende. Det er naturligt at udpege den proces og den virksomhed, hvor digitale værktøjer og modelbaserede arbejdsmetoder implementeres som den determinerende. Det er altså her gevinsterne kan karakteriseres som direkte. En - i forhold til den oprindelige proces - afledt gevinst kan tilsvarende karakteriseret som direkte, hvis konteksten er en anden, eksempelvis hvis fokus vedr. målingen ligger på denne anden proces og virksomhed.

Placering af omkostninger/investeringer

Omkostninger og investeringer er forudsætninger for gevinsterne. Disse ligger normalt i virksomheden, da det er den konkrete virksomhed, som finansierer innovation og dermed implementering, anskaffelser, kompetenceløft m.m. Men de har samtidigt et projektmæssigt aspekt, da de ofte straksafskrives i de konkrete projekter, hvori de indgår. Den samlede effekt eller det samlede resultat fremgår af en sammenstilling af effekter og omkostninger ved en implementering og ligger derfor på virksomhedsniveau.

Gevinsttyper som del af analyseværktøjet

Der har således i specifikationen af ØG-MM metoden været fokus på forskellige, differentierede gevinsttyper, defineret i forhold til deres relation til den direkte proces, der er underkastet undersøgelse/måling. Der opereres således med 3 gevinsttyper:

- **Direkte gevinster**, som er placeret i den undersøgte proces i virksomheden.
- **Indirekte gevinster**, som er placeret i anden proces i virksomheden.
- **Afledte gevinster**, som er placeret i anden proces i anden virksomhed.

For fuldstændighedens skyld opererer ØG-MM med en yderligere kategori af gevinsttyper:

- **De langsigtede effekter (potentialer)**

Denne gevinsttype differentieres ikke som direkte, indirekte eller afledte, men anvendes i casebeskrivelserne som en gevinst, der ikke er identificeret, men som skønnes at kunne realiseres på længere sigt. Denne gevinsttype anvendes ifølge Metodemanualen ØG-MM ved den indledende undersøgelse af gevinstrummet for den pågældende case, og her udgør projektets potentialeliste værktøjet til potentialeanalysen og den efterfølgende effektvurdering. Her registreres i første omgang om gevinsten er indløst eller ikke indløst.

Virksomhedsniveauet centralt i casestudierne

Med hensyn til placeringen af gevinsterne opererer Metodemanualen ØG-DDB med virksomhedsniveauet, som determinerende for den kontekstmæssige identifikation af gevinsttype. Metodemæssigt har det betydet, at casebeskrivelserne er bygget op omkring en hovedaktør, en bestemt virksomhed, som er vurderet som katalysator for de grundlæggende implementeringer, og her igen identificeres delprocesser som bærere af implementeringerne.

6.8 Forudsætningskæder og risikovurdering



Diagram der viser relationerne mellem aktiviteter, effekter og forudsætninger. Centralt er aktiviteter, som udføres med nye, modelbaserede værktøjer og metoder, som giver en effekt. For at dette kan gennemføres er der en række forudsætninger, som skal være på plads.

For at en aktivitet kan gennemføres på en ny måde med nye digitale værktøjer og modelbaserede arbejdsmetoder er der en række forudsætninger, som skal være på plads. Hvis man eksempelvis skal udføre en energisimulering på et givent tidspunkt i et projektforløb er forudsætningen, at man har adgang til en digital bygningsmodel, der er struktureret på en måde, der er velegnet til funktionen energisimulering, at modellen har et indhold i form af objekttyper med et sæt af egenskabstyper, der er nødvendige for at kunne beregne energiforbruget, tilpas konkretiseret (et passende informationsniveau) til at kunne udføre simuleringen i forhold til krav til præcision (overslag, detaljeret o.l.) samt i et format, der kan læses af det analyseprogram, der skal anvendes. Ved siden af de tekniske forudsætninger er der en række andre forudsætninger, som skal være til stede - eksempelvis om IKT kompetenceniveauet hos medarbejderne, der skal udføre aktiviteten, er højt nok, om de økonomiske ressourcer til aktiviteten er til stede, om de aftalemæssige forhold er specificeret og på plads osv.

Risikovurdering som del af analyseværktøjet

For at kunne vurdere succesraten for anvendelsen af et IKT-koncept er det nødvendigt at sammenholde effektmålinger og omkostninger med forudsætningskæden. Dette er implementeret i metodemanualen ØG-MM ved at sætte et felt ind ved hver delproces, der rummer risikovurderingen, her forstået som en

beskrivelse af hvilke forudsætninger, der skal være til stede for at den implementerede teknologi og/eller arbejdsmetode skal kunne give gevinster. Her kan gevinstomfanget også beskrives i en tids-mæssig sammenhæng, om der kan forventes gevinster ved første gennemløb eller ved andet eller tredje gennemløb.

I de konkrete casebeskrivelser skal disse forudsætninger vedrørende de enkelte delprocesser opsamles i afsnittet: Barrierer og forudsætninger for implementering, som er opdelt i følgende underafsnit:

- **Diskussion af teknologien** (hardware, software, standarder, arbejdsmetoder)
- **Diskussion af kompetencer** (i virksomheden og hos medarbejderne)
- **Diskussion af samarbejdsrelationer og projektintegration**
- **Diskussion af lovgivning/ydelsesbeskrivelser/honorarer**

7 Metodegrundlaget

7.1 Det oprindelige metodegrundlag

Udgangspunktet for metoden i forskningsprojektet ØG DDB's casestudier har været den udarbejdede Metodemanual (forkortet ØG-MM, version 1), som blev udarbejdet og offentliggjort sommeren 2010. Denne version 1 blev anvendt ved de 4 casestudier, dog undervejs suppleret efter registrerede behov. Metodemanualen har efterfølgende undergået en revision, således at den endelige version har betegnelsen ØG-MM, version 2. Revisionen af ØG-MM, version 1 er baseret på de erfaringer, der er høsten ved at anvende den til gennemførelsen af de 4 casestudier samt ved diskussioner i projektgruppen. Hertil kommer arbejde med en række definitioner af de begreber, der indgår i metoden.

Kernen i ØG DDBs metodegrundlag (både gældende for version 1 og 2) er værktøjet 'Measuring the Benefits of IT Innovation' (MBITI). Dette værktøj blev udviklet i 1998 af Construct IT, som er en engelsk medlemsbaseret, non-profit organisation med formålet at øge samarbejde og digitalisering i engelsk byggeri. MBITI-metoden blev første gang anvendt i dansk regi i udviklingsprojektet 'Bedst i Byggeriet', som var et projekt under Det Digitale Byggeri, der havde til formål gennem casestudier og best practise eksempler at fremskynde implementeringen af digitale værktøjer og metoder, specielt dem der var initieret igennem Det Digitale Byggeri's fundamentprojekter og bygherrekrav.

Meget kort beskrevet er MBITI et traditionelt cost/benefit-analyseværktøj, som er blevet tilpasset både en 'standardiseret' byggeri- og IT-kontekst.

Værktøjsskassen fra 'Bedst i Byggeriet' (forkortet BiB) indeholdt ud over værktøjet MBITI også af en række andre værktøjer;

- Case-udvælgelsesværktøj
- Strategisk IKT-anvendelse
- Modenhed af IKT-anvendelse
- Kritiske Succes Faktorer

Til dette projekt blev der udviklet en første udgave af en metode, bestående af en metodemanual (ØG-MM), som indeholder en drejebog for gennemførelse af et casestudie, samt en beskrivelse af de værktøjer og medfølgende begreber, som optræder i de værktøjer, i form af regneark, som medfølger. Denne første version var en forenklet udgave af BiB-metoden. De væsentlige ændringer var fjernelse af redundans og omstændelige formuleringer.

Denne forenkling medførte at arbejdsindsatsen under casestudiet mere rendyrket kunne fokuseres på at måle de faktisk realiserede gevinster, der kan tilskrives det udvalgte IKTkoncept. Et af de centrale virkemidler til opnåelse af dette blev bl.a. muliggjort ved at i større grad end i BiB-metoden at tage udgangspunkt i ekspertviden hos dem, der gennemfører casestudierne.

7.2 Det reviderede metodegrundlag

De væsentlige ændringer i forhold til version 1 er, at 1) caseudvælgelsen er kraftigt reduceret i omfang, 2) Effektmålingsværktøjerne er blevet bedre koordineret og kondenseret, og 3) hele begrebsapparatet er underkastet en afklaring. For den detaljerede beskrivelse af metoden henvises til 'Metodemanualen ØG-MM. Her er der en beskrivelse af proceduren for et casestudie i form af en drejebog, en beskrivelse af de indikatorer, der indgår samt de værktøjer, i form af regneark, der skal anvendes ved målingerne.

Caseudvælgelsen

Caseudvælgelsen var i version 1 meget omfattende og havde sit eget værktøj. Dette skyldtes en erkendelse af vigtigheden af at vælge de rigtige cases i forhold til de ressourcer man har. En lang række parametre blev værdisat for at en samlet evaluering på egnethed kunne udregnes. Antallet af parametre gjorde processen tidskrævende og flere af parametrene var ikke sat ind i et samlet begrebsapparat og viste sig ikke brugbare ved den senere casebeskrivelse. I version 2 er skemaet forenklet og indeholder nu kun parametre, der er indeholdt i de indikatorer, der er hele grundlaget for projektet. Skemaet anvendes nu til den indledende værdianalyse. Der henvises til kapitel 4, *Indikatorer for effekter*. Endelig er det før selvstændige udvælgelsesværktøj nu et faneblad i Effektvurderingsværktøjet med navnet *Værdianalyse*.

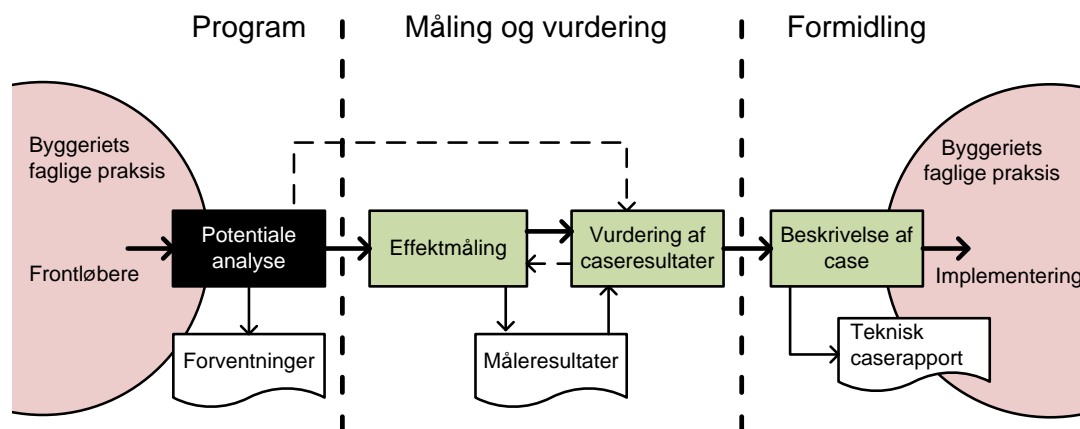
Effektvurderingsskemaet

Effektvurderingsværktøjerne er nu samlet i et regneark. Nogle delværktøjer er fjernet og andre er samlet som faneblade i det samme værktøj. Det gælder bl.a. 'IKT-risici' som nu er erstattet af fanebladet 'Risikovurdering', som ved dets placering i effektvurderingsskemaet henvender sig direkte til de delprocesser, som registreres. Dvs. det går fra at være en generel risikovurdering til en konkret vurdering vendt mod de enkelte delprocesser, man behandler. Alt i alt er metoden på dette område blevet meget mere forenklet og brugbar ved at alle hjælpeværktøjer nu er samlet i ét regneark, og at fanebladene beskriver rækkefølgen i registreringer under casestudiet.

Begrebsapparatet

Der er i løbet af projektet foregået en meget frugtbar diskussion af begrebsapparatet i projektgruppen. Nogle af de parametre og begreber, der indgår i casestudierne, er nye. Specielt når man skal kvantificere effekter på forskellige områder indenfor det relativt nye fagområde, som BIM og digitalisering af byggeriet repræsenterer, må man tilegne sig nogle de korrekte parameternavne, hvis de er til rådighed, eller man må definere egne begreber. Det gælder begreber som 'modelniveau', 'integrationsniveau' o.l. For

en nærmere definition af disse begreber henvises til kapitel 04, Indikatorer for effekter. Et andet væsentligt resultat fra projektet er udarbejdelsen af den 'Potentialeliste', der anvendes i metodeværktøjet til identifikation af delprocesser, som har effektmuligheder i sig ved en digitalisering og gennem brug af en modelbaseret arbejdsmetode. For en nærmere beskrivelse henvises til kapitel 05, Potentialer ved digitalisering. Casestudieprocessen i ØG-DDB, version 2 er skitseret i nedenstående figur. For en detaljeret beskrivelse af hvert trin i metodegrundlaget henvises der til ØG-MM, version 2.



Diagrammet viser casestudieprocessen ifølge metodemanualen ØG-MM, version 2

Selve arbejdsprocessen i casestudierne er overordnet opretholdt som i version 1. Den væsentligste forandring i ØG-MM, version 2 er, at indholdet i hvert hovedtrin i processen er blevet mere enkelt, målrettet og præcis. Forbedringerne i ØG-MM, version 2, metoden er kort opsummeret i det følgende.

- Målingen af økonomiske gevinster og omkostninger**
 Der er fokus på: Implementeringsudgifter bundet til projekter, problemer omkring afskrivninger, måling kontra vurdering/estimat og udgifter som investeringer. Når der måles skelnes mellem finansielle gevinster og ikke finansielle gevinster. Finansielle gevinster kan måles i heltal i kr. eller i timer – eller i procent af kendt mængde. Ikke finansielle gevinster værdisættes i en skala fra A-D. Ved en gevinstmåling vurderes hvilken enhed, det er muligt at anvende.
- 'Alt i et' værktøj**
 I stedet for at tage udgangspunkt i en lang række værktøjer, som var tilfældet i ØG-MM v.1, er disse værktøjer dels blevet forenklet og gjort mere præcise, og dels er de blevet samlet et centralt sted: i Effektmålings-værktøjet, som er ét regneark.
- Stigende konkretiseringsgrad**
 I ØG-MM v.2 er der blevet videreudviklet et koncept, hvor procesforløbet, se diagrammet ovenfor) resulterer i en successivt stigende konkretiseringsgrad. Dette afspejler sig blandt andet i, at der allerede i værdianalysen opstilles konturerne af resultatet i effektmålingen, som derefter udbygges og dokumenteres.
- Dokumentation**
 Der er i ØG-MM v.2 blevet lagt større vægt på at sikre sporbarheden af de indsamlede data i effektmålingen, herunder ikke mindst for målingerne af de realiserede gevinster og omkostninger, der tilskrives IKT/BIM-konceptet. Dette foregår primært gennem Effektmålings-værktøjet, suppleret med referater fra interviewene med caseaktører.

- **Begrebsapparat afklaret**

Der er foregået en nødvendig begrebsafklaring gennem projektet, således at de parametre, der indgår i Effektvurderings-værktøjet er logiske og entydige. Begreberne er gennemgået i kapitel 04, Indikatorer for effekter.

- **Risikovurdering**

Vurderingen af risiko for at et IKT-koncept, eller dele af, ikke kan implementeres i en anden kontekst er samlet i Effekt-vurderingsværktøjet ved den enkelte delproces, så man mere detaljeret kan se forudsætningskæden for en succesfuld implementering.

7.3 De metodemæssige beslutninger

Effektvurderings-værktøjet har været anvendt og afprøvet ved de 4 casestudier. Erfaringerne fra dette arbejde er overført til en version 2, hvor der er blevet lagt vægt på at sikre en enkel og præcis effektmålingsproces og værktøjskasse, således at andre forskningsprojekter, virksomheder, eller byggeprojekter relativt nemt kan gennemføre effektmålinger i fremtiden på basis af det arbejde, der er blevet gennemført i forskningsprojektet.

Et andet kardinalpunkt i arbejdet med ØG DDBs metodegrundlag har været at lægges vægt på 2 centrale præmisser for at effektmålinger har en blivende/bæredygtig værdi; kontekst og kausalitet. For det første er kontekstens betydning for forståelsen af effektmålingernes resultater ret væsentlig i forhold til overførelsen/genskabelsen af resultaterne i en anden kontekst (f.eks. en anden virksomhed eller byggeprojekt). For det andet er det afgørende vigtigt at have et præcist indblik i kausalitetsafhængigheden i anvendelsen af et IKT-koncept, således at det vides hvilke håndtag, der skal trækkes i for at få hvilke resultater, specielt når man som virksomhed ikke alene kan styre resultaterne af en implementering, der ofte berører flere parter.

8 Valg af cases og deres karakteristika

8.1 Baggrunden

Proceduren for udvælgelse af cases for casestudier er beskrevet detaljeret i Metodemanualen ØG-MM, version 2. Denne version af metode er væsentligt reduceret i omfang i forhold til version 1, som byggede på Bedst i Byggeriets metodeapparat fra 2006, specielt på den indledende fase i metodeforløbet vedrørende udvælgelsen. For en yderligere beskrivelse af metodegrundlaget og ændringerne fra ØG-MM, version 1 til version 2 henvises til kapitel 04 Metodegrundlaget.

Hvor Bedst i Byggeriets metode og ØG-MM, version 1, gik ud på at indsamle en stor mængde data for at samle en bruttoliste over cases, der senere blev evalueret til en nettoliste, som var grundlaget for udvælgelsen i projektgruppen, er der i ØG-MM, version 2, lagt større vægt på en værdianalyse i projektgruppen. Projektgruppen forudsættes at repræsentere høj faglig ekspertise indenfor området, så den er i stand til at udføre en værdianalyse og senere en potentialeanalyse over effektpotentialer ved forskellige processer og for forskellige aktører, hvorefter man på denne baggrund går ud i projektlandskabet og finder projekter, der forventes at repræsentere disse potentialer. Denne ændring er indført dels fordi

den oprindelige metode var meget tidskrævende og dels fordi det i den konkrete udvælgelsessituation er vanskeligt at få detaljerede informationer om de potentielle cases og da der under alle omstændigheder forgår en kvalitativ evaluering i en udvælgelsessituation.

8.2 Værdianalysen

ØG-DDB metoden angriber opgaven oppefra. Metoden starter med at lave en generisk analyse af konsekvenser og effekter ved at digitalisere byggeprocesserne. Herved udpeges de områder (primært IKT-koncepter, processer og aktører), der rummer lovende potentialer og dermed har en stor værdi for byggebranchen. Denne analyse udgør udgangspunktet for at udpege casekandidater, konkrete byggeprojekter, der ligger indenfor de udpegede områder. Endvidere sikrer værdianalysen at arbejdet med casestudierne målrettes mod de områder, der repræsenterer den største værdi.

Ved udvælgelsen betyder det konkret, at der er foretaget en analyse af hvilke IKT-koncepter, der har den største nytteværdi for byggesektoren som helhed. Her betragtes hele byggeriets værdikæde og der udpeges de processer, der indgår i IKT-konceptet, hvor på den ene side digitaliseringen vurderes at give store effekter, og hvor på den anden side nytteværdien er størst for byggeriets virksomheder og aktører. Input til aktiviteten er viden om digitaliseringens påvirkning af byggeprocesserne generelt samt kendskab til aktuelle projekter og virksomheder, der ligger i front med hensyn til at digitalisere processerne. Aktiviteten fortages af projektgruppen og bygger dels på projektgruppens generelle viden om digitalisering og BIM og dels på de informationer, der er opsamlet i Metodemanualen ØG-MM's Værdianalyse skema. Denne reducerede metode kræver, at den gruppe, der skal udvælge virksomheder og projekter til casestudier, er fagligt godt klædt på med hensyn til at kunne se mulighederne ved digitalisering og BIM. Potentialeanalyse-skemaet kan være en støtte ved dette arbejde.

8.3 Den konkrete udvælgelse af cases

Ved den konkrete udvælgelse af de 4 cases i dette projekt var der en række parametre, der skulle afvejes. Projektgruppen har set det som sin opgave at give et billede af den faktiske udbredelse, de økonomiske effekter og udviklingspotentialerne ved at digitalisere byggeriet med anvendelse af modelbaserede værktøjer og metoder. På baggrund af det relativt lille antal cases har projektgruppen ønsket at dække området så bredt som muligt. Udover de indsamlede data fra værdianalyse skemaerne har følgende parametre har været i spil:

	Program	Design	Projektering	Udbud	Produktions forberedelse	Produktion	Afl levering	Drift og vedligehold	Bortskaffelse
Case01									
Case02									
Case03									
Case04									

Figuren viser de 4 cases' dækningsområde med hensyn til faser i et traditionelt faseforløb. Hovedaktørerne i casene repræsenterer væsentlige faggrupper: arkitekturrådgiver (01), ingeniørrådgiver (02), byg- og driftsherre (03) og entreprenør (04).

1. At dække så stort et område af byggeriets værdikæde som muligt, fra designfasen til drift og vedligehold.
2. At dække så mange af byggeriets parter som muligt, herunder at få byggeriets væsentlige faggrupper repræsenteret som hovedaktører i casene.
3. at have fokus rettet imod virksomhederne, da det er her implementering af ny teknologi og arbejdsmetode foregår.
4. At få udpeget projekter og virksomheder, der ligger i front teknologisk med hensyn til implementering af digitalisering og BIM.
5. At få udpeget og beskrevet IKT-koncepter og delprocesser, der har stor værdi for målgrupperne på virksomheds- og projektniveau.
6. At have mulighed for adgang til informationer fra de virksomheder og projekter, der indgår i casestudierne.
7. At vurdere og registrere betingelserne for opfyldelsen af DDB's bygherrekrav.

8.4 De 4 udvalgte cases

Følgende cases blev valgt, forelagt ØG-DDB Følgegruppen og accepteret:

- **Case01 BIM hos mindre arkitekturrådgiver**
Hovedaktør i casen er arkitektfirmaet Tværsnit Arkitekter med supplerende projektparter. Byggeprojektet er ombygning af mindre enfamiliehus.
- **Case02 BIM hos større ingeniørrådgiver**
Hovedaktør i casen er det rådgivende ingeniørfirma Rambøll Danmark A/S med supplerende projektparter. Byggeprojektet er nybyggeri af domicilet Rambøll Head Office.
- **Case03 BIM hos driftsherre og driftsherrerrådgiver**
Hovedaktør i casen er byg- og driftsherren Professionshøjskolen UCC, suppleret med byg- og driftsherrerrådgiveren Archiwise. Byggeprojektet er nybyggeri af Campus Nordsjælland.
- **Case04 BIM hos større entreprenør**
Hovedaktør i casen er entreprenøren MT Højgaard med supplerende projektparter. Byggeprojektet er nybyggeri af domicil for revisions- og rådgivningsfirmaet KPMG.

Ad punkt 1: Case01 repræsenterer faserne design og udbud/tilbud. Case02 repræsenterer alle faser fra design til drift. Case03 repræsenterer projektering til aflevering og drift. Case04 repræsenterer faserne projektering og udførelse. Det vurderes at alle de væsentlige faser og processer er repræsenteret i de 4 cases.

Ad punkt 2: Case01 har arkitekten i fokus, som vigtig part i skitserings- og projekteringsfasen. Case02 har fokus på den rådgivende ingeniør som hovedrådgiver i projekteringsfasen. Case03 har fokus på byg- og driftsherren samt rådgiver som aktive parter i projekterings- og udførelses- og driftsfasen. Case04 har fokus på rådgivnings- og udførelsesfaserne hos en hovedentreprenør.

Ad punkt 3: Der er i hver case udpeget en hovedaktør for casen. Dette er besluttet, da det ofte er en part, der er styrende med hensyn til anvendelse af nye værktøjer og metoder og dermed bestemmende for integrationsniveauet i casen. Desuden er det sjældent muligt ressourcemæssigt at underkaste alle parter i en byggesag en analyse. Derfor er det valgt at have fokus på én part (casens hovedaktør) samt et repræsentativt udvalg af andre parter.

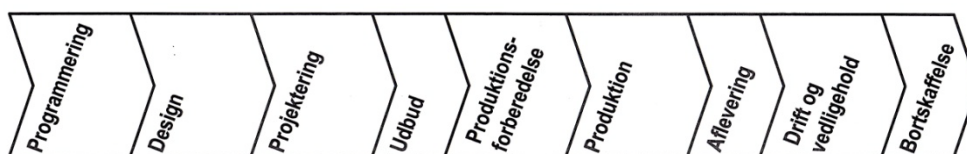
Ad punkt 4: Alle 4 hovedaktører vurderes at ligge i front i Danmark vedr. implementering af ny teknologi og 3D arbejdsmetoder. De ligger ikke alle på samme niveau, men vurderet ud fra deres faglige og procesmæssige tilhørsforhold ligger de højt. Indenfor den enkelte virksomhed kan der optræde et varierende IKT-niveau grundet implementeringstakt og forskellige kompetencer hos de forskellige medarbejdere.

Ad Punkt 5: Hvis andre virksomheder skal have nytte af casebeskrivelserne må de IKT-koncepter, som hovedaktørerne repræsenterer ligge over det gennemsnitlige niveau for faggruppen. Alle de valgte cases repræsenterer IKT-koncepter og delprocesser, som vil kunne implementeres i andre, tilsvarende virksomheder. Casebeskrivelserne indeholder desuden beskrivelser af potentialer som peger længere frem i et udviklingsforløb.

Ad punkt 6: Dette er et rent praktisk forhold. Det viser sig at være vanskeligt at opnå aftaler med potentielle casevirksomheder. Branchen er presset økonomisk så det er vanskeligt at frigive ressourcer til et så eksotisk forskningsprojekt som dette. Heri ligger der naturligt en begrænsning i rummet for udvælgelse. Dette problem er løst ved gode relationer til de aktuelle virksomheder.

Ad punkt 7: Projektgruppen har i grundlaget for opgaven pointeret at fokus er på digitaliseringen af dansk byggeri. I denne bestræbelse har Det Digitale Byggeri haft en stor indflydelse, både gennem bygherrekravene men lige så meget gennem fundamentsprojekterne: klassifikation, 3D arbejdsmetode osv. De 4 hovedaktører i de udvalgte cases har opfyldt eller vurderes at ville, hvis det kræves, kunne opfylde bygherrekravene. De har således implementeret teknologi og metoder i deres virksomheder, som i det væsentlige er initieret af Det Digitale Byggeri og som ligger på et niveau svarende til bygherrekravene.

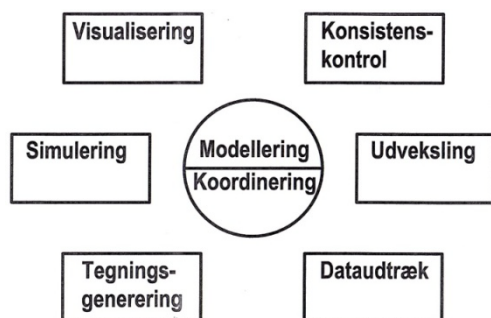
8.5 Casene fordelt på faser



	Program	Design	Projektering	Udbud	Produktionsforberedelse	Produktion	Aflevering	Drift og vedligehold	Bortskaffelse
Case01									
Case02									
Case03									
Case04									

- Dække byggeriets værdikæde bredt
- Dække byggeriets parter bredt
- Fokus mod virksomheder
- Cases i front teknologisk
- Stor værdi for målgruppen
- Adgang til information
- Registrere opfyldelse af DDBs bygherrekrav

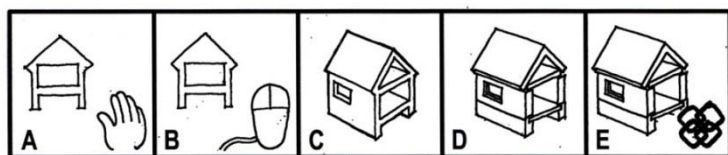
8.6 Casene fordelt på hovedaktiviteter



	Modellering	Koordinering	Konsistens kontrol	Udveksling	Simulering	Dataudtræk	Tegnings generering	Visualisering
Case01								
Case02								
Case03								
Case04								

- Modellering dækket af alle cases
- Koordinering modelbaseret dækker casene i varieret omfang
- Konsistenskontrol dækker alle, dog i varieret omfang
- Udveksling dækker alle svagt med undtagelse af én case
- Simulering dækker casene i varieret omfang
- Dataudtræk dækker alle, dog varieret
- Tegningsgenerering dækkes godt med indtagelse af én case
- Visualisering dækkes godt med undtagelse af én case

8.7 Casene fordelt på modelniveauer

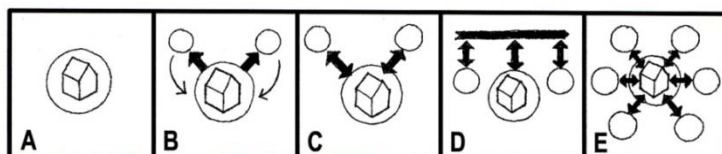


A: Manuel 2D tegning. B: Digital 2D tegning. C: 3D geometrimodel. D: Objektbaseret model. E: Integreret BIM.

	A	B	C	D	E
Case01					
Case02					
Case03					
Case04					

- Tegningsfremstilling med CAD optræder i alle cases
- Geometrimodeller anvendes udelukkende til tegningsgenerering
- Objektbaserede modeller anvendes til styklistegenerering, konsistenskontrol
- Integreret BIM delvist. Anvendes til samling af fællesmodeller, simulering og udveksling

8.8 Casene fordelt på udveksling/samarbejd



- A: Enkeltfags anvendelse af model.
B: Envejsdeling af modelinfo.
C: Tovejsdeling af modeller.
D: Distribuerede modeller på lokal server.
E: Fuld integreret modelsamarbejde over netværk.

	A	B	C	D	E
Case01					
Case02					
Case03					
Case04					

- Enkeltfagsanvendelse: intra-dekoblet, case04
- Envejsdeling af modelinfo: intra-koblet, case03
- Tovejsdeling af modeller: inter-dekoblet, case01
- Distribuerede modeller og integration:
- inter-koblet, typisk case02

9 Casebeskrivelse 01: BIM hos mindre arkitekturrådgiver

9.1 Sammenfatning

Konceptbeskrivelse

Casen beskriver et IKT-koncept, hvor en hovedrådgiver, en mindre arkitektvirksomhed specialiseret i renovering og ombygning af mindre boligprojekter, anvender en modelbaseret arbejdsmetode i tre hovedleverancer for tegnestuen: et dispositionsplanforslag, et forprojekt/myndighedsprojekt og et hovedprojekt efterfulgt af udbud, tilsyn og aflevering. Et IKT-koncept beskriver her en informationsteknologisk implementeringsstrategi, der indeholder 3D arbejdsmetoder og digitale modelbaserede værktøjer anvendt i et byggeprojekts processer.

Casestudiet

Der er gennem et casestudie identificeret nogle aktiviteter i processerne, hvor rationaliseringsgevinster og kvalitative gevinster er målt finansielt og/eller ved en skaleret værdisætning. Tilsvarende er de omkostninger, som er forudsætninger for IKT-konceptet, opgjort finansielt. Det gælder både de initiale engangsinvesteringer og de omkostninger, der er forbundet med driften af IKT-konceptet, licenser, opgraderinger, kompetenceløft m.m.

Gevinstområder

Hovedresultaterne fra casestudiets målinger er, at det forretningsmæssigt hænger sammen for en mindre rådgivervirksomhed at gennemføre sine skitserings- og projekteringsaktiviteter med anvendelse af en modelbaseret 3D arbejdsmetode. Rådgiverhonoraret er overordnet det samme som for en tilsvarende dokumentbaseret projektering. De ekstra omkostninger, der er forårsaget af IKT-konceptet, bliver modsvaret af de øgede gevinster, som konceptet giver. Dog har bygherren indvilget i at honorere en fremskyndet merydelse i skitsefasen til opbygningen af den digitale bygningsmodel.

De rationaliseringsgevinster, som ligger i IKT-konceptet, blev overvejende høstet af bygherren i form af:

- billigere tilbud fra entreprenøren (forventet rationaliseringsgevinst indregnet i tilbuddet),
- energisimulering af to scenarier, som kan reducere udgifter til energiforbrug i driftsfasen.

Hertil kommer, at 3D arbejdsmetode konceptet tilbyder en lang række nye muligheder, som er helt fraværende ved et dokumentbaseret koncept. Nogle af disse muligheder blev udnyttet i casen i forbindelse med tegningsgenerering, 3D visualisering, styklistegenerering og energiberegning samt ved koordinering af projekthinformationerne via den digitale bygningsmodel. Dette sikrede mere konsistente projekthinformationer, bedre og hurtigere kommunikation og dermed tilfredse kunder, bedre kvalitets sikring og dermed færre fejl samt efterfølgende billigere entreprisetilbud og færre tvister. Disse gevinster er jævnt fordelt mellem byggeprojektets parter.

På **virksomhedsniveau** er resultatet for de to rådgivere, der indgår i projektet, at de meromkostninger IKT-konceptet kræver fuldt ud modsvares af gevinster forårsaget af IKT-konceptet. Begge rådgivere har en mindre, positivt resultat. Herudover giver IKT-konceptet bedre kommunikation med bygherren, en bedre markedsføring af virksomheden og muligheden for at tilbyde nye leverancer samt nye forretningsområder for virksomheden i fremtiden.

På **projektniveau** er der konstateret væsentlige afledte produktivitsgevinster. Disse er placeret i første omgang hos entreprenøren, i form af en mere konsistent og målrettet projektdokumentation, men da

han indløste dem i form af et 10 % billigere entreprisetilbud, endte disse gevinster hos bygherren. Herudover er der muligheder for store potentielle gevinster hos bygherren i form af energimæssige informationer, tilvejebragt gennem simuleringer, som kan udløse store besparelser på bygningens drift mange år frem.

På **sektor- og samfundsniveau** blev der konstateret rationaliseringsgevinster i grænsefladen mellem projektering og udførelse gennem en tendens til billigere tilbud fra entreprenøren når projekt materialet er kvalitetssikret gennem bygningsmodellering, samt muligheden for energibesparelser i byggeprojekts driftsperiode gennem beslutningsstøtte ved simulering. Begge gevinster er et resultat af IKT-konceptet.

10 Casebeskrivelse 02: BIM hos større ingeniørrådgiver

10.1 Sammenfatning

Konceptbeskrivelse

Casen repræsenterer et fuldt faseforløb for et byggeprojekt fra programmeringsfasen over projektering og udførelse til start af driften. Der er eksempler på anvendelse af modelbaserede metoder og værktøjer fra projekteringsfasens start til drift og ombygning. IKT-konceptet repræsenterer et integreret projektsamarbejde mellem byggeriets parter, efter retningslinjer beskrevet i Det Digitale Byggeris '3D arbejds metode'. Rådgivergruppen har været de styrende i det modelbaserede samarbejde, men der er også eksempler på fagentreprenører, der har arbejdet modelbaseret. Ingeniørrådgiveren Rambøll er udpeget som hovedaktør i denne casebeskrivelse.

Casestudiet

Der er gennem et casestudie identificeret nogle aktiviteter i processerne, hvor rationaliseringsgevinster og kvalitative gevinster er målt finansielt og/eller ved en skaleret værdisætning. Tilsvarende er de omkostninger, som er forudsætninger for IKT-konceptet, opgjort finansielt. Det gælder både de initiale engangsinvesteringer og de omkostninger, der er forbundet med driften af IKT-konceptet, licenser, opgraderinger, kompetenceløft m.m.

Gevinstområder

Hovedresultaterne fra casestudiets målinger er, at projektering med anvendelse af en 3D arbejds metode, der benytter digitale bygningsmodeller som omdrejningspunkt for projekteringen, kan foregå indenfor de samme økonomiske rammer, som ved traditionelle, dokumentbaserede arbejds metode. Dette gælder også når man alene ser på de traditionelle dokumentbaserede leverancer mellem projektets aktører. Når digitale bygningsmodeller først er etableret ligger der store gevinster i at genbruge modeldata til en række udvidede aktiviteter: projektkoordinering, simuleringsopgaver, styklistegenerering til tilbuds lister og indkøb osv. Det betyder, at hvis kravene til projektet er store indenfor disse områder, som det er tilfældet med RHO, så er der gevinster at høste. Man opnår udover en mere rationel projekterings- og produktionsplanlægningsproces et kvalitativt bedre byggeri med mindre energiforbrug, bedre indeklima, bedre brugertilfredshed m.v.

Gode erfaringer

En markant udtalelse er registreret fra projektlederen. Han havde ikke før gennemført et projekt indenfor rammerne af en 3D arbejdsmetode, men udtalte efter gennemførelsen af projektet, at han dårligt kan forestille sig at deltage i et projekt uden en modelbaseret arbejdsmetode.

Direkte gevinst for hovedrådgiveren (virksomhedsniveau)

Rambøll Danmark A/S havde flere roller i projektet og derfor også mulighed for at høste gevinster på flere felter. Rambøll er den kommende lejer og driftsherre og var samtidig under byggeprocessen hovedrådgiver for projektet med et honorar på omtrentlig 10 % af den samlede anlægssum på ca. 1 mia. kr. Den største gevinst for hovedrådgiveren, der blev målt i casestudiet, ligger i perioden efter projekteringen, under udførelsen på byggepladsen. Der er registreret en direkte gevinst på ca. 3,8 mio. kr. Gevinsten skyldes en meget hurtigere afvikling af rådgiverteamet i forhold til tilsvarende byggesager. Forklaringen på gevinsten skyldes ifølge projektmedarbejdere, at IKT-konceptets anvendelse af fagmodeller og fællesmodeller har betydet, at hovedprojektmateriale er velkoordineret mellem fagene og at det indeholder færre projektfejl end normalt. Dette har den positive effekt, at der i starten og under opførelsen er forekommet langt færre tvivlsspørgsmål og uklarheder på byggepladsen end normalt, forhold der tager tid og ressourcer at udrede mellem rådgiverne og fagentreprenørerne.

Gevinst ved simulering (virksomhedsniveau)

En stor indirekte gevinst er de detaljerede bygningsfysiske simuleringer indenfor specielt indeklima, som blev gennemført i projektet. Grunden til valget af 3D arbejdsmetode var gode erfaringer i rådgivergruppen fra tidligere projekter. For Rambølls vedkommende gjaldt det specielt erfaringerne fra Reykjavik Kongres- og Konferencenter. Erfaringerne herfra havde vist konceptets muligheder for øget koordinering mellem projektets parter og mulighederne for at skabe en bedre kvalitet både med hensyn til projektmateriale og selve byggeriet.

De gennemførte simuleringer sikrede reducerede driftsomkostninger senere og var muliggjort ved genbrug af modeldata fra bygningsmodel til analyseværktøjerne indenfor projektets økonomi. De afledte effekter: mindre energiforbrug og bedre indeklima vil blive høstet af Rambøll som driftsherre/lejer og indirekte kapitaliseret af bygherren. Disse gevinster er dog ikke endnu dokumenteret.

Gevinst for entreprenører der investerer (projektniveau)

For entreprenørerne viser casen, at hvis den enkelte fagentreprenør indgår aktivt i en detaljeret projektering og produktionsforberedelse, er der gevinster at hente. Ventilationsentreprenøren investerede et beskedent beløb i nyt software samt efteruddannelse (ca. 400.000 kr.), som gjorde dem i stand til at samprojektere og trække på de data, rådgiver havde udviklet. Dette forhold, sammen med det generelle høje niveau for koordinering, gav entreprenøren adgang til en lang række gevinstområder: sparet tid ved koordinering med andre fag blev vurderet til en besparelse på 3,5 mio. kr., en hurtigere gennemførelse af entreprisen på 15-20 % samt sparet tid og færre montagestop på byggepladsen blev vurderet til en reduktion af fejl på 85-90 % i forhold til tidligere projekter. Til det sidste høje tal skal bemærkes, at ventilationsentreprenøren trådte tidligere ind i montageprocessen end traditionelt, hvilket i sig selv vil give færre montagestop og hurtigere montage, men at han vurderer, at muligheden for disse procesændringer også kan tilbageføres til IKT-konceptets modelkoordinering.

Afledte gevinst for alle parter (projektniveau)

For de andre fagentreprenører, som ikke indgik aktivt i modelarbejdet, var der også gevinster at hente. De målbare gevinster skyldes primært det velkoordinerede og fejlrettede projektmateriale, som betød færre processtop under udførelsen. De fagentreprenører, der er undersøgt i casen, havde alle registreret gevinster indenfor dette område. Således registrerede vvs-entreprenøren en besparelse på 540.000 kr. (reduktion i RFI med ca. 90 %) og el-entreprenøren en besparelse på 127.000 kr. Af andre gevinster

for gruppen af entreprenører var adgangen til modellen via en viewer, som gjorde dem i stand til hurtigt og effektivt at få overblik over projektet og få afklaret tvivsspørgsmål på stedet.

Et højt kompetenceniveau en forudsætning

Forudsætningen for, at der kunne høstes gevinster i planlægningsfasen og i udførelsesfasen var, at alle hovedaktører i rådgivergruppen havde kompetencer indenfor 3D arbejdsmetode og arbejdet med digitale bygningsmodeller som grundlag for planlægning. Her var arkitekturrådgiveren på højde med ingeniør-rådgiveren. Dette muliggjorde den model baserede koordineringsprocedure, der blev anvendt gennem hele projekteringen og som resulterede i et projektmateriale (tegninger og modeller) med få fejl og dermed spare tid på byggepladsen.

Begge rådgivere har kompetencer indenfor 3D arbejdsmetode. De har udviklet en virksomhedsstrategi med hensyn til implementering af IKT/BIM og de har erfaring med flere gennemførte projekter med anvendelse af 3D arbejdsmetode og digitale bygningsmodeller. De har begge kompetencer til at opfylde Det Digitale Byggeri's Bygherrekrav.

Ventilationsentreprenøren har ligeledes lagt en IKT/BIM strategi og gennemførte sin entreprise med udgangspunkt i en 3D arbejdsmetode. Det var i denne virksomheds processer de største gevinster blev målt i produktionsforberedelses- og udførelsesfasen.

11 Casebeskrivelse 03: BIM hos driftsherre og byg- og driftsherrerådgiver

11.1 Sammenfatning

Casestudiets formål er at beskrive og måle en større entreprenørvirksomheds omkostninger og gevinster ved at anvende metoder og værktøjer, der er modelbaserede. Case 04 tager udgangspunkt i et konkret byggeprojekt, hvor BIM teknologien er anvendt på et for den danske entreprenørbranche relativt højt niveau.

Casen udnytter kun visse gevinstpotentialer, men der bliver refereret til andre af entreprenørvirksomhedens efterfølgende byggeprojekter, der repræsenterer eksempler på en udnyttelse af flere af disse potentialer.

Det konkrete byggeprojekt er hovedsædet for revisionsfirmaet KPMG, som er på 7 etager og 33.400 m². plus 1.300 m² butikker i gadeplan samt 22.000 m² kælder til en samlet værdi af ca. 1 mia. kr.

IKT-konceptet

MT Højgaard er totalentreprenør på projektet i en form for partnering mellem bygherre, entreprenør og arkitekt, hvor MTH varetager totalrådgivningen med 3xn som arkitekturrådgiver. Projektet er kørt med 'åben bog' mellem totalrådgiveren og bygherren. MTH har stået for de fleste rådgivningsfunktioner og de fleste entrepriser.

Arkitekten arbejder med en digital bygningsmodel som planlægnings- og koordineringsværktøj. Ingeniør-rådgiveren, MTH, besluttede at arbejde med samme modelleringsværktøj som arkitekten på konstruktionsdelen for at udnytte muligheden for en større koordinering af projektdata mellem de to parter.

Da det var første projekt, hvor ingeniørrådgiveren anvendte dette modelleringsværktøj, traf man beslutning om at sætte et lavere ambitionsniveau og kun at præstere et rådgiverprodukt svarende til, hvad der traditionelt leveres - herunder 2D-tegningsdokumentation. Koordineringen internt mellem ingeniørdisciplinerne blev følgelig udført dokumentbaseret.

Ingeniørrådgiveren anvendte primært konstruktionsfagmodellen til tegningsgenerering, men benyttede den også som grundlag for at fremstille animationer, der blev anvendt til markedsføring. Fagmodeller blev ikke anvendt ved udbud og ikke ved udførelsen i denne case. Der er således en række potentialer, der knytter sig til BIM/3D arbejdsmetode anvendt i hele værdikæden, som ikke er realiseret eller som ikke er underkastet måling i denne case.

De BIM hovedaktiviteter der er godt repræsenteret er tegningsgenerering og visualisering. Ved senere projekter har man udvidet 3D arbejdsfeltet, og man arbejder nu modelbaseret indenfor områderne dataudtræk til styklistegenerering, konsistenskontrol samt simulering, koordinering via fællesmodel, og informationsudveksling via modeller.

Hos arkitekten er der foregået en tilsvarende udvikling, hvor man bl.a. anvender modellen til dagslyssimulering.

Omkostninger

Omkostningerne hos MTH for implementering af IKT-konceptet i projekteringsperioden er samlet opgjort til indkøb, support og drift på: $200.000 + 200.000 + 120.000 = 520.000$ kr. Denne omkostning kan betragtes som en investering, der nyttiggøres i efterfølgende projekter. Hvis vi konservativt fordeler omkostningerne over 3 projekter, giver det en omkostning pr. projekt på 173.000 kr. Omkostninger til implementeringen af en 3D arbejdsmetode er opgjort til ca. 1. mio. kr. Denne omkostning kan igen betragtes som en investering. Fordelt over 3 projekter giver det en omkostning pr. projekt på 333.333 kr.

Gevinstområder

De direkte effekter af implementeringen af 3D modelbaseret arbejdsmetode hos et stort antal medarbejdere i MTHs projekteringsafdeling kan opgøres til en andel af 500.000 kr. som er den samlede, direkte gevinst for MTH.

Hertil kommer en andel af 500.000 kr. til etablering af et digitalt komponentbibliotek for bygningsdele, der indgår i digitale bygningsmodeller, samt et generelt kompetenceløft af samme værdi. Komponentbiblioteket er senere nyttiggjort i forbindelse med tilbudsgivning i andre projekter.

Gevinst ved at producere tegningsmateriale på et meget højt niveau. Tegningerne vurderes som bedre koordinerede end tidligere grundet 3D arbejdsmetoden.

Tidsbesparelse ved tegningsfremstilling ved hjælp af 3D arbejdsmetode på 10 % efter 2. gennemløb.

Introduktionen af den ny modelbaserede arbejdsmetode gav som effekt et merforbrug af tid på 20 % ved første gennemløb i denne case. Ved andet gennemløb blev tidsforbruget vurderet som det samme som ved den tidligere, dokumentbaserede arbejdsmetode. De efterfølgende gennemløb er vurderet til at give en besparelse i tid på 10 %. En 10 % besparelse på et projekt af case 04's størrelse svarer til kr. 500.000. Når afskrivning af de oprindelige implementeringsomkostninger medtages giver det en gevinst på kr. 300.000 efter 2. gennemløb.

Entreprenøren har altså for en meget beskedne omkostning fået implementeret en 3D baseret arbejdsmetode i en af sine kerneprocesser, tegningsproduktionen, endda uden at have udnyttet en flæthed af de mulige potentialer.

Dertil kommer en række indirekte og afledte effekter, ligesom man må formode, ved sammenligning med effekterne i andre cases, at der ligger et stort, endnu ikke udnyttet potentiale.

De fleste gevinster ligger på virksomhedsniveau, der er dog på projektniveau registreret en stor gevinst. Ved at udføre en konsistenskontrol mellem to parter fagmodeller blev flere grove fejl opdaget og rettet før produktion. Det sparede projektet for en stor meromkostning ved udbedring. Gevinsten er på projektniveau, da den skyldes det modelbaserede samarbejde mellem parterne.

Konklusion

Hovedkonklusionen for case 04 er, at det er muligt for en relativ beskedne omkostning at implementere en 3D arbejds metode for en begrænset del af aktiviteterne i en større entreprenørvirksomhed. IKT-konceptet kan betragtes som et første trin i virksomheden hen imod en mere integreret 3D arbejds metode.

12 Casebeskrivelse 04: BIM hos større entreprenør

12.1 Sammenfatning

Casen repræsenterer et koncept, hvor både byg- og driftsherren og en byg- og driftsherrerådgiver er aktive i anvendelsen af en BIM-orienteret arbejds metode og modelbaserede værktøjer, som omfatter følgende aktiviteter: Design, Projektering, Udbud/tilbud, produktionsforberedelse, Udførelse og Drift. UCC er byg- og driftsherre og Archiwise byg- og driftsherrerådgiver.

IKT-konceptet

IKT konceptet repræsenterer en samarbejdsform, hvor byg-og driftsherren har outsourcet udvalgte processer, der vurderes at kunne understøttes af digitale værktøjer med rationaliseringsgevinster. Byg- og driftsherren har deltaget aktivt i processerne fra programmering til drift, men har fra designfasen til afleveringen haft en rådgiver tilknyttet, som dels har bistået bygherren med beslutningsstøtte og mht. krav til samarbejdspartnerne. Byg- og driftsherrerådgiveren har endvidere opbygget en digital bygningsmodel - en BIM-Model for projektet - som sikrer, at byg-og driftsherren høster flest mulige gevinster under byggeprojektet som f.eks. koordinering af projekt materialet, kvalitetssikring, udbud, produktionsplanlægning, løbende generering af driftsdata mv. Denne 'styringsmodel' bliver senere beriget med drifts- og forvaltningsinformation for endeligt at blive kilde til de driftsdata, der overføres til driftsherrers driftssystem.

Casens samarbejds koncept er interessant i den forstand, at bygherren får mulighed for at høste en flersidet gevinst ved anvendelse af BIM-modellering både under projektet og i den efterfølgende aflevering og drift uden at det stiller avancerede krav til IKT-anvendelsen hos de øvrige projektpartnere.

Casen omfatter en stor del af værdikædens processer, hvor BIM-modellen bl.a. er blevet benyttet til:

- Modellering,
- Koordinering gennem anvendelse af modelbaserede konsistenskontrol værktøjer,
- Visualisering til støtte for brugerdialog og produktion,
- Tegningsgenerering,
- Simulering af bl.a. bygbarhed og af udførelsesprocessen
- Styring af tid og økonomi.
- Dataudtræk som anvendes ved udbud/tilbud og til forhandling af entreprisensummer.
- Udveksling af data mellem parterne i byggeprojektet foregik traditionelt via 2D tegninger, lister og strukturerede tekstdokumenter. Der blev ikke udvekslet modeller mellem rådgiverne og byg- og driftsherrerådgiveren.

Omkostninger

Omkostningerne for bygherren ved implementering af IKT-konceptet er veldokumenteret idet Byg- og driftsherrerådgiverens styrings- og 'BIM-hosting' funktion er blevet direkte honoreret med 695.000 kr. på baggrund af en specifik leverancebeskrivelse. Hertil kommer driftsherrens egne investeringer og driftsomkostninger på ca. 250.000 kr.

Gevinster

Der er konstateret gevinster i alle processerne. Nedenfor nævnes et mindre udvalg af de konstaterede direkte, indirekte og afledte gevinster. Gevinsterne under projektering, udbud/tilbud og produktionsforberedelse og udførelse har været engangsgevinster, som udtrykker en rationalitet i de enkelte processer. Gevinsterne under drift og vedligehold er årlige gevinster fordelt på driftsherrens processer. Gevinsterne skal ses i relation til den samlede anlægssum på 65 mio. kr.

I projekteringsfasen er den væsentligste rationaliseringsgevinst et samlet projektmateriale med langt færre fejl og mangler end tidligere, som repræsenterer en direkte gevinst på 1,2 mio. kr. Hertil kommer et skøn fra driftsherren om reducerede udgifter ved etablering af datagrundlaget for driften på 250.000 kr.

Under hovedprocessen udbud/tilbud og produktionsforberedelse ligger den største engangsgevinst registreret i denne case, idet en reduktion af entreprenørernes usikkerhed har reduceret entreprisens summen med 15 % på entreprisens summen svarende til en gevinst på 7.560.000 kr.

Under udførelsen er der registreret en direkte gevinst hos driftsherren i forbindelse med udbetalinger til entreprenørerne svarende til en rentebesparelse på 307.000 kr. Endelig har driftsherren vurderet stor nytteværdi af styringsmodellen som værktøj til at have et overblik over projektet i forbindelse med projektændringer og i det hele taget til beslutningsstøtte.

I driftsfasen, som er driftsherrens kerneområde, regnes der med meget store årlige besparelser på både drift og vedligehold. Gevinsten ligger dels i en enklere overførsel samt i validiteten af data, dels i estimerede årlige besparelser på både drift, vedligehold og forvaltning. Det vurderes ud fra erfaringer fra tidligere udførte projekter, at der er en 15 % besparelse både på driften og på vedligeholdelsen svarende til en årlig besparelse på driften på 600.000 kr. og på vedligeholdelsen 375.000 kr. Omregnet til nutidsværdi over 15 år med en rente på 10 % og en årlig prisstigning på 3 % giver det en samlet gevinst for driften ca. 5,5 mio. kr. og for vedligehold ca. 3,5 mio. kr. Det skal pointeres, at disse besparelser ikke alene skyldes IKT-konceptet, men at dette vurderes fra driftsherrens side, at være en væsentlig forudsætning for besparelsen ved at levere det nødvendige dataindhold.

Konklusion

Case 03 repræsenterer en case, hvor byg- driftsherren påtager sig en aktiv rolle som hovedaktør, og casen synes i høj grad at bekræfte den fremherskende opfattelse, at Byg- og Driftsherren kan opnå end- og meget store gevinster ved at indgå i et integreret samarbejde omkring BIM/3D arbejds metode, der spænder fra programmeringen til den endelige drift af byggeriet - og hvor omkostningerne er beskedne i forhold til gevinstens størrelse.

13 Opsamling af resultater fra de 4 cases

13.1 Casestudiernes dækningsområde

Casestudiens begrænsninger

Når man aflæser resultaterne fra casene skal man være varsom med ikke at drage forhastede slutninger på det mere generelle plan. Der er gennemført 4 casestudier i ØG-DDB projektet, og selv om projektgruppen har forsøgt at gøre casestudierne så dækkende som muligt på en lang række parameterområder som aktørgruppe, projekttype m.m., er casestudierne i sidste ende alene detaljerede beskrivelser og målinger af helt konkrete processer i konkrete virksomheder og i konkrete byggeprojekter. Disse resultater kan så tolkes subjektivt som tendenser for en række effekter, der er forårsaget af implementeringen af modelbaserede arbejdsmetoder og værktøjer, der anvendes i forbindelsen med digitaliseringen af byggeriet.

Casestudier contra surveys

Informationer om hastigheden hvormed digitaliseringen og objektbaserede arbejdsmetoder er implementeret i sektoren, hvor højt IKT-niveauet er i de enkelte brancher m.v. kan man ikke aflæse af casestudier. Den type af oplysninger fremgår af statistiske undersøgelser, evalueringsrapporter eller surveys som eksempelvis IT-Barometer 2000 eller Erabuild's reviews. Disse statistikker er nyttige, da de kan give viden om eksempelvis implementeringen af BIM i et enkelt land eller i en sammenligning mellem flere lande. Disse undersøgelser beskriver ofte kun relative bevægelser over tid eller relative forskelle mellem faggrupper. De har ofte den svaghed, at de aktører, der besvarer spørgeskemaerne har forskellige kompetenceniveauer og roller og dermed forskellige opfattelser af de begreber, der indgår i spørgsmålene. At en aktør eksempelvis anvender modelleringsværktøjet Revit er ikke ensbetydende med, at han anvender en BIM baseret metode i sin praksis, hvis programmet alene anvendes til fremstilling af tegninger.

I modsætning hertil kan casestudierne give et mere retvisende billede af den reelle status i en virksomhed eller i et projekt, når der ligger et solidt metodeapparat bag og udsagn bliver vurderet og spurgt ind til af de specialister, der gennemfører casestudiet. Casestudierne kan endvidere have den fordel, at man er nede på det konkrete og detaljerede niveau, hvor man beskriver konkret software, konkrete processer og metoder, konkrete virksomheder og projekter, så byggeriets aktører har mulighed for at relatere informationerne til deres egen faglige praksis.

ØG-DDB casestudiernes indhold og anvendelsesmuligheder

Casestudierne fra projektet ØG-DDB kan betragtes som 4 konkrete eksempler på 'state of the art' for digitalisering og BIM baseret implementering i Danmark i perioden 2010-2012 og kan dermed give et indtryk af det niveau, man er nået til i dag i den udvikling, der blev initieret af Det Digitale Byggeri's bygherrekrav og fundamentsprojekter.

ØG-DDB casestudierne kan betragtes som et idékatalog og en inspirationskilde for byggesektorens parter til at få konkret viden til at træffe beslutninger om implementering af ny digital teknologi og arbejdsmetoder i deres virksomheder, hvilket er en del af grundlaget for opgaven. Fordelene ved disse casestudier er, at de beskriver konkrete implementeringer i kendte processer og på et realistisk grundlag. Det er ikke alene beskrivelser af hensigter og potentialer, men konkrete anvisninger på, hvad der kan lade sig gøre her og nu under forudsætning af, at en række forhold er plads i virksomheden. Det er forsgt i casebeskrivelserne ikke kun at identificere gevinsterne, men i lige så høj grad beskrive den forud-

sætningskæde, der ligger bag, det være sig på det økonomiske område som omkostninger og investeringer ved implementering, samt på de teknologiske, de kompetencemæssige og de organisatoriske områder.

Måling på IKT-koncept og delprocesser

ØG-DDB casestudierne er lagt an på at beskrive omkostninger og gevinster ved de konkrete implementeringer i byggeriets processer. Man kan således ikke uddrage et samlet regnskab for et givent IKT-koncept, der lister samlede omkostninger og investeringer op imod de samlede gevinster hos alle parter i et byggeprojekt. Det er der flere grunde til. Casestudierne er hver for sig målrettet en hovedaktør i det pågældende projekt, og det omkring denne aktør målingerne koncentrerer sig. Af andre aktører i byggeprojektet er kun et udvalg underkastet målinger. Hertil kommer at nogle effekter kan måles finansielt i kr., andre kan udtrykkes som rationaliseringsgevinst i % og andre igen som karakterer på en skala. De rationaliseringsgevinster, der er knyttet til de enkelte processer og er også forsøgt relateret til den pågældende proces samlede ressource, nogle gange målt som en procentuel besparelse på aktiviteten, andre gange på byggesummen. Endelig er der effekter, som har en kvalitativ karakter, som ikke umiddelbart er kvantificerbare.

Beskrivelser af de væsentlige rationaliseringsgevinster i et samlet projektforsløb

ØG-DDB casebeskrivelserne skal betragtes som detaljerede beskrivelser af, hvordan virksomheders medarbejdere, værktøjer og arbejdsmetoder interagerer i en række delprocesser i konkrete byggeprojekter, som samlet definerer et IKT-koncept. Selv om casestudierne er koncentreret om en hovedaktør, hvor der måles på de direkte gevinster ved implementering, er undersøgelsesfeltet bredt ud til andre processer i egen eller fremmed virksomhed, hvor der kan spores effekter fra produkter fra den oprindelige implementering. Disse gevinsttyper benævnes de indirekte og afledte.

13.2 Nogle tendenser og indikatorer i casestudierne

Selv om man ikke kan generalisere resultaterne fra casestudierne til at være gældende for samme typer af aktiviteter og samme typer af aktører i andre projekter, så vil ØG-DDB projektgruppen alligevel forsøge at trække nogle fælles træk og nogle fælles tendenser frem fra de 4 cases. Der er nogle lovmæssigheder og logiske sammenhænge, som vil være nyttige for byggeriets aktører, specielt dem der står i en situation, hvor der skal træffes beslutning om konkrete implementeringer af ny teknologi og nye arbejdsmetoder. Tendenserne beskrives i form af nogle udsagn i overskriftsform, som vil blive detaljeret beskrevet med referencer til konkrete forekomster i de 4 cases for dokumentation.

Inden denne gennemgang af generelle tendenser gennemgås de vigtigste karakteristika for de 4 cases, samlet i fælles diagrammer og kommenteret.

13.3 Man kan gradvist gå fra dokument- til modelbaseret arbejdsmetode med gevinster

Skiftet fra en dokumentbaseret metode til en modelbaseret er ofte betegnet som et paradigmeskift, i betydningen, at de to metoder er så forskellige, at de ikke kan forenes indenfor en fælles ramme. Casestudierne viser et andet billede. Det er karakteristisk for samtlige cases, at der i virksomheder og projekter er udviklet hybrider af de to arbejdsmetoder, således at visse funktioner gradvist implementeres modelbaseret mens de resterende opretholdes dokumentbaseret. Eksemplet fra case04 viser en entreprenør med en konstruktionsrådgiverfunktion, der implementerer tegningsgenereringen modelbaseret ved anvendelse af Revit Structure, mens virksomhedens udførelsessektion opretholder den dokument-

baserede tilgang. Case02 repræsenterer et højere IKT-niveau, hvor en lang række delprocesser er tilknyttet et IKT-koncept, der er modelbaserede. Her kan der identificeres genbrug og dermed rationaliseringsgevinster på et højere plan. Det skal dog pointeres, at ikke alle processer er modelbaserede, hvorfor alle potentialer ikke er indfriet. Case01 viser en arkitektvirksomhed, hvor den modelbaserede arbejdsmetode er indarbejdet i meget stor udstrækning. At det kan lade sig gøre skyldes dels, at væsentlige funktioner som udarbejdelse af dispositionsplanforslag, myndighedsprojekt og hovedprojekt er den samme type aktivitet (projektering) og dels, at forretningsmodellen og antallet af delprocesser er mindre (minus beregninger, simuleringer m.m.). De delprocesser, der er repræsenteret, er generisk modelorienterede (kollisionskontrol, visualisering m.m.). Den sidste case, case03, repræsenterer et koncept, hvor byg- og driftsherren i princippet fortsætter sine dokumentbaserede rutiner, og hvor man tilknytter en ekstern konsulent til at forestå en række styrings- og kontrolfunktioner modelbaseret, som man vurderer, skaber værdi for hele projektet, specielt den senere driftsfase. Altså en outsourcet løsning, hvor man regner med at få det bedste fra de to verdener.

Hvis man ser på omfanget af gevinster kan man konstatere, at de cases der repræsenterer det største omfang af modelbaserede metoder i det største antal delprocesser også er dem, der fremviser de bedste resultater.

Case01 rummer en høj grad af modelbaseret arbejdsmetode, til gengæld er antallet af delprocesser ikke så stort. Casen viser at det er muligt at gå fra en ren CAD tegningsproduktion til modellering af bygningsmodeller for at kunne udføre en automatisk tegningsgenerering uden merudgifter efter få gennemløb. Dermed er der skaffet adgang til en række gevinstpotentialer, hvor nogle bliver udnyttet, andre ikke. Bygningsmodellen giver adgang til automation ved visualisering (som bliver udnyttet til bedre kommunikation med bygherren), mængdeudtræk (som bliver udnyttet til beskrivende mængdefortegnelse) og overslags energiberegning (som udføres men ikke honoreres af bygherren). De store gevinster i casen optræder som afledte gevinster til bygherren i form af billigere entreprisetilbud, som er en konsekvens af den bedre konsistens i projektmaterialet, som igen skyldes den modelbaserede arbejdsmetode.

Case02 rummer som case01 en høj grad af modelbaserede metoder og her er antallet af delprocesser, hvor de anvendes, rimeligt stort. Her er koordineringen og konsistenskontrollen sat i system efter modelbaserede metoder. De ansvarlige faggrupper arbejder med fagmodeller, som med aftalte tidsintervaller sammensættes til fællesmodeller for at udføre konsistenskontrol. På rådgiversiden har en modelbaseret arbejdsmetode været den dominerende. På udførelsessiden har den dokumentbaserede metode været den dominerende med undtagelse af en fagentreprenør, der arbejdede modelbaseret. Dog er der eksempler på at en fagentreprenør, der arbejder dokumentbaseret, kunne få gevinst ved at anvende modellernes visualiseringsmuligheder til granskning af detaljeløsninger ved projektet.

Case03 rummer en modelbaseret arbejdsmetode, men på et afgrænset felt. Hele projektet er, både med hensyn til projektering og udførelse, styret af dokumentbaserede arbejdsmetoder. Driftsherren skyder en modelbaseret koordinerings- og styringsfunktion ind, som løber parallelt med de andre processer. Der er ikke meget udveksling i grænsefladerne mellem de forskellige metoder, men internt i koordinerings- og styringsfunktionen skabes gevinster i form af koordinering og kollisionskontrol af projektet udført på modelniveau med tilbageførsel til rådgiverne i dokumentform samt levering af styklistedokumenter fra modeller og registrering af fremdrift. Endelig bliver driftsdata opsamlet her og overført til driftsherrens driftssystem, som ikke er modelbaseret. Der udføres altså ved siden af de traditionelle, dokumentbaserede processer et parallelt, modelbaseret forløb, som indløser nogle af de gevinster, som er bundet til en modelbaseret arbejdsmetode.

Case04 rummer en modelbaseret arbejdsmetode. For arkitekturrådgiveren har den modelbaserede tilgang været en forudsætning for at kunne håndtere den komplekse geometri i projektet, men arbejdsmetoden har været intern (intra-koblet). For konstruktionsrådgiveren har den modelbaserede metode kun været anvendt i enkelte processer i en begrænset del af projektforsløbet og også her internt (intra-dekoblet). Det gennemførte IKT-koncept i case04 kan beskrives som en suboptimering af tegningsfremstillingen ved hjælp af modeller, hvorved en vis faglig koordinering indgår. Den begrænsede modelanvendelse har betydet, at man ikke har indløst mange potentielle gevinster. Konceptet betragtes som et første trin mod en integreret, modelbaseret arbejdsmetode, hvor de næste trin er tilbudsregning, kollisionskontrol, koordinering via fællesmodel m.v.

Delkonklusioner:

- **Man kan gradvist erstatte en dokumentbaseret arbejdsmetode med en modelbaseret**
- **Man kan starte med de simple modelbaserede aktiviteter som eksempelvis tegningsgenerering og kollisionskontrol**
- **Man kan opnå gevinster med en mindre implementering af værktøjer og arbejdsmetoder**
- **De cases der repræsenterer det største omfang af modelbaserede metoder i det største antal delprocesser er også dem, der fremviser de bedste resultater**

13.4 Der er generelt gode erfaringer med IKT implementering

Alle interviewede casedeltagere, som har implementeret IKT og modelbaserede arbejdsmetoder og værktøjer i deres faglige praksis, vil fortsætte med at anvende dem i kommende projekter. Det er i ingen af casene konstateret så dårlige erfaringer, at man vil vende tilbage til de tidligere arbejdsgange. Et af de vægtigste udsagn i denne forbindelse kommer fra case02.

Vigtigt udsagn fra en projektleder

Projektlederen i case02, som kun tidligere har haft erfaringer med dokumentbaserede arbejdsmetoder, udtalte efter projektets afslutning, at arbejdsmetoden levede op til hans forventninger, og at han ikke kan forestille sig at deltage i et projekt uden en BIM baseret arbejdsmetode. Dette skyldes primært den større sikkerhed for koordineringen af de forskellige fagdiscipliner samt validiteten af data, som den modelbaserede metode medfører.

Det drejer ikke om man skal implementere, men hvornår

Overvejelserne vedrørende implementering går ikke så meget på, om man skal implementere, men snarere på hvornår. Grunden til at det er gået lidt langsomt for visse grupper i casene bunder i usikkerheden om konsekvenserne ved at skifte arbejdsmetode og værktøjer samt usikkerhed om forudsætnin-
gerne (kompetencer, tid m.m.) er på plads. Hertil kommer der også en del vanetænkning og en fastlåst rollefordeling mellem parter og internt i virksomhederne (case04). Det Digitale Byggeri, specielt bygherrekravene, har haft stor indflydelse på at reducere denne inkubationstid før man beslutter sig for at implementere. Opfyldelsen af bygherrekravene er endnu et incitament for implementering, da det giver adgang til statslige byggeopgaver. Det er ikke determinerende, da den private sektor er stor og da bygherrekravene kan opfyldes på forskellige IKT-niveauer. Så incitamentet ligger lige så meget på forventningen om gevinster samt forventning om krav til IKT-niveau fra sine samarbejdspartnere.

Et godt samarbejdsklima

I casene 01, 02 og 04 er der registreret udsagn om et godt samarbejdsklima mellem projektparterne. Dette kan ikke alene tilskrives IKT-konceptet, men det kan konstateres, at det ikke har været hindrende for et godt samarbejde. En årsag til det gode samarbejde tilskrives det godt koordinerede projektgrundlag, som skaber færre konflikter mellem parterne. I case03 er dette forhold ikke så udpræget. Dette skyldes selve setup'et i IKT-konceptet, der kan opfattes af de andre parter som en kontrollerende funktion.

Der er dog identificeret en række forhindringer for implementering. Der er teknologiske og kompetencemæssige og organisatoriske barrierer. De løses i første omgang ved at gå udenom dem, dvs. at man implementerer de steder, hvor det skaber værdi og hvor forudsætningskravene ikke er for store (eksempelvis case04's begrænsning til modelbaseret tegningsfremstilling og case02's begrænsning i omfang og typer af simuleringer).

Case01 repræsenterer en case, hvor man tidligt har implementeret en 3D arbejdsmetode, og har lagt de fleste interne processer ind under dette koncept. Problemet er, at man har nogle store initiale meromkostninger i opbygningen af bygningsmodellen i forhold til produktion af det relativt beskedne 2D tegningsmateriale, som er alternativet i dispositionsplanfasen. Dette løses ved, dels en satsning på at tage de næste faser med (myndighedsprojekt og hovedprojekt), hvorved man opnår genbrugsgevinsten, og dels et forhandlet merhonorar for skitseprojektet. Argumentet er her den implementerede arbejdsmetodes kvalitative indvirkning på resultatet for bygherren.

Case02 repræsenterer en case, hvor hovedrådgiveren har en lang erfaring med implementering af IKT og 3D arbejdsmetode i virksomheden. Implementeringen er understøttet af en virksomhedsstrategi, og en del af medarbejderstaben har kompetencer til at arbejde modelbaseret. Det er denne del af medarbejderne, der bemander de BIM orienterede projekter som RHO. Omfanget af processer underlagt implementeringer er stor og der er tilsvarende konstateret et stort omfang af direkte og indirekte gevinster. Begrænsningen ligger her i antallet af medarbejdere, der arbejder modelbaseret, hvilket begrænser omfanget af projekter, der kan udføres efter IKT-konceptet.

Case03 repræsenterer en case, hvor hovedaktøren kun i begrænset omfang implementerer nye modelbaserede arbejdsmetoder. Implementeringen hos byg- og driftsherren internt giver alene adgang til at følge projektet i en modelrepræsentation gennem viewere o.l. Hele den modelbaserede styrings-, kontrol- og dataopsamlingsfunktion varetages af en ekstern byg- og driftsherrerådgiver. Dette reducerer omfanget af implementering og omkostninger hos byg- og driftsherren, og hvor de mulige rationaliseringsgevinster, som en 3D arbejdsmetode kan tilbyde, tilkøbes gennem en ekstern konsulent. Konceptet er interessant i forhold til bygherrekravene, da entreringen med den eksterne konsulent kan sikre opfyldelsen af disse uden de store omkostninger.

Case04 repræsenterer en case, hvor man har taget det første implementeringsskridt mod en modelbaseret arbejdsmetode. Implementeringen har været begrænset, da det ikke er hele konstruktionsprojekteringen der er berørt, men kun tegningsdelen. Man har haft positive erfaringer med implementeringen, dog således at man har haft en merudgift i projektreghnskabet for tegningsfremstillingen i forb.m. IKT-konceptet på ca. 20 % ved første gennemløb. Selv om virksomhederne generelt placerer innovationsomkostninger i projektreghnskaber er implementeringsomkostningerne i casebeskrivelsen fordelt over 3 projekter, der understøtter udsagnet fra aktør fra casen, der siger, at ved det andet gennemløb er forholdet 0 og allerede ved tredje gennemløb er der en rationaliseringsgevinst på 10 %. De gode erfaringer sammen med strategiske overvejelser hos hovedentreprenøren har bevirket, at der allerede i projektperioden har foregået og nu foregår udvidede implementeringer af 3D arbejdsmetoden.

Delkonklusioner:

- Alle der har implementeret modelbaserede arbejdsmetoder i projekterne vil fortsætte med det i kommende projekter.
- 3D arbejdsmetode giver større sikkerhed for koordineringen af de forskellige fagdiscipliner samt validiteten af data.
- Det handler ikke om man skal anvende BIM, men om hvornår.
- Bygherrekravene er et incitament for denne udvikling.
- 3D arbejdsmetodens krav til integration skaber et godt samarbejdsklima.

13.5 Man kan tage små skridt uden de store omkostninger

Når man i den enkelte projekteringsvirksomhed implementerer en 3D arbejdsmetode for at rationalisere sine processer eller for her og nu eller på længere sigt at kunne opfylde de statslige bygherrekrav og indgå et integreret samarbejde med andre parter er det første skridt at kunne udarbejde digitale bygningsmodeller. Her er der mange værktøjer på markedet og prisniveauet er beskedent og meromkostningen er lille, da det ofte erstatter et tidligere anvendt CAD system, som eksempelvis AutoCAD.

Man kan i første omgang se de modelbaserede værktøjer som hjælpemidler i de faglige processer, man kender i forvejen. Der ligger allerede gevinster i suboptimering af disse processer, så her kan man begynde og senere få adgang til flere potentialer i beslægtede processer: Kollisionskontrol (case01, -02, -03), energiberegning (case01, -02), styklistegenerering (case01 - mængdefortegnelse, case02 – mængder/rengøring, case03 – udbudslister, 04 - pælelister). Efter implementering af digitale bygningsmodeller kan man gå efter 'de lavt hængende frugter' som eksempelvis kollisionskontrol og visualisering.

Case01 viser en mindre arkitektvirksomhed, der med en relativ beskedent investering i software og en mindre driftsomkostning er i stand til ændre metode fra dokumentbaseret til modelbaseret. Implementeringsomkostningerne er beskedne på grund af virksomhedens størrelse. Case02 viser en større ingeniørrådgiver, der igennem længere tid gradvist har været på vej fra den dokumentbaserede metode til den modelbaserede. På værktøjssiden stiller denne innovation ligeledes ikke de store krav til investeringer og drift, da det igen er nye digitale værktøjer, der erstatter gamle. Begge typer af værktøjer kræver support og afskrivninger. Det skal bemærkes, at den større rådgiver ikke implementerer 3D arbejdsmetoden i alle sine processer. Der er stadigvæk funktioner og delprocesser, der håndteres på traditionel vis. Ligeledes er det ikke alle medarbejdere, der løftes kompetencemæssigt til at arbejde 3D. Case03 viser en driftsherre, der ved at tage et lille skridt mod at arbejde modelbaseret for en beskedent omkostning kan sikre sig en deltagelse i et større modelbaseret samarbejde ved at outsource denne del af sin funktion. Case04 viser en større entreprenørvirksomhed, der for en relativ beskedent meromkostning i et projekt introducerer digitale bygningsmodeller, som værktøjer i sin rådgivningsfunktion, med store muligheder for at rulle metoden ud i hele organisationen.

Case01 repræsenterer den lille virksomhed, der har taget beslutningen for år tilbage om at arbejde 3D modelbaseret. Det har på værktøjssiden foregået ved at udskifte ét software med et andet. Indarbejdelse af 3D arbejdsmetoden har været overkommelig grundet antal medarbejdere. Den større initiale omkostning ved modellering er søgt begrænset ved at genbruge modeldata over et større spænd af projekteringsfasen samt at supplere arbejdet med yderligere funktioner, igen byggende på genbrug. Konsistenskontrol udføres simpelt med modelleringsværktøjet. Styklistegenerering fra modelleringsværktøjet

er indarbejdet til flere funktioner og energiberegning på overslagsniveau udføres. Der er en lang række skridt i form af tillægsydelser, som er i pipelinen. En udfordring ligger i at få bygherren til at honorere merydelserne. Her vil samfundsmæssige krav i forb.m. miljø, energiforbrug, bæredygtighed og klima i fremtiden gøre merydelserne værdiskabende.

Case02 repræsenterer den større rådgiver, der som hovedaktøren i case01 har taget initiativer år tilbage til at arbejde 3D modelbaseret. At de to hovedrådgivere er på et højt IKT-niveau sikrer, at man kan gennemføre projektkoordinering og kollisionskontrol modelbaseret. Modeludvekslingen er meget ressourcetrækkende, men når den først er indarbejdet i en fast procedure kan den foregå næsten automatisk. Her vil man lade den rådgiverpart, der har den største erfaring, have ansvar for proceduren (i casen ingeniørrådgiveren). Der blev af ingeniørrådgiveren gennemført en række simuleringer af bygningsfysiske art. Omfanget af simuleringer er betinget af kompleksiteten i overførsel af projektdata fra modelleringsværktøj til analyseværktøj. Omfanget er derfor begrænset til det, der var vurderet som absolut nødvendige.

Case03 repræsenterer en driftsherre, der med lille investering i software og kompetencer foretager et lille skridt, der gør man i stand til at følge projektets fremdrift ved at viewe bygningsmodellen. Driftshererrådgiveren derimod er nødt til at implementere hele 3D arbejdsmetoden i de ydelser, han tilbyder driftsherren. Det betyder at udarbejde fagmodel for styring af byggesagen, udtrække styklister, simulere 4D og 5D og opsamle driftsdata modelbaseret. Driftsherrådgiveren tilbyder ydelsen, at overholde de statslige bygherrekrav. Denne ydelse blev dog ikke udnyttet i casen, da den ikke var underlagt disse krav.

Case04 repræsenterer en entreprenør, der introducerer 3D arbejdsmetode i sin rådgiverfunktion gennem en konstruktionsmodel til hovedprojektering. Modellen anvendes i første omgang til tegningsgenerering under projekteringen. Dette er det første skridt og det forløber tilfredsstillende i forhold til en dokumentbaseret arbejdsmetode. Flere omkostninger i første gennemløb, men ellers af samme høje kvalitet. De næste trin kan være, at modeldata bliver anvendt til beregninger under projekteringen, at modellen anvendes til kollisionskontrol, og at man konsistent tjekker og koordinerer mellem parternes fagmodeller, som samles i fællesmodeller.

Delkonklusioner:

- **Man kan gradvist erstatte CAD værktøjer med modelbaserede værktøjer og få gevinster.**
- **De første gevinster kan ligge i en suboptimering af kendte processer, man udfører i forvejen og have en strategi om yderligere implementering.**
- **Med en relativ lille investering kan en virksomhed tage de første trin mod at ændre arbejdsmetoden fra dokumentbaseret til modelbaseret.**
- **En modelbaseret arbejdsmetode kan sameksistere med en dokumentbaseret og give gevinster.**
- **Det er ikke værktøjerne, der er omkostningskrævende, men implementeringen i arbejdsprocesser, at opkvalificere medarbejdere og lave aftaler med partnere.**
- **Virksomhedsstørrelsen er ingen hindring. En mindre virksomhed kan implementere i hele virksomheden, den større virksomhed i dele af virksomheden.**

13.6 Genbrug af data giver gevinster

BIM konceptet beskriver ideelt hvordan bygningsmodellerne beriges gennem projektforløbet og opnår et højere og højere informationsniveau, fra programfasen til bortskaffelsen. Heri ligger implicit, at modellerne bliver tilføjet ny værdi i et tidsmæssigt forløb, men at de opretholder meget af indholdet fra tidligere stader. Denne udvikling af modellerne er et udtryk for genbrug af projektdata, som er rationel, da man ikke i hver overgang til en ny tilstand skal danne nye modeller, men kan bygge videre på modeldata, der er besluttet.

En anden form for genbrug er den anvendelse, hvor man udtrækker projektdata fra en model for at manipulere med disse data til en speciel funktion. Dataudtrækket kan være i form af en fagspecifik model, hvor man har foretaget en sortering eller generalisering af en fagmodel for eksempelvis at kunne regne på den. Det kan være udtræk af styklister eller mængder for at kunne udarbejde økonomiske overslag, bestillingslister m.v. Og det kan være i form af tegninger og visualiseringer til kommunikation. Alle disse funktioner er udtryk for en rationalitet, nemlig at man genbruger de modeldata man allerede har, i stedet for at indtaste dem gang på gang i et projektforløb.

Der er to typer af potentielle rationaliseringsgevinster ved datagenbrug. Den ene er sparet tid til genindtastning og den anden er, at man får en bedre datakvalitet ved, at besluttede og kvalitetssikrede data bliver overført uændret.

Det er kun i få tilfælde, man opererer med et komplet genbrug i casene. Det er ofte sådan, at data skal manipuleres ved sortering, supplerings mv. eller der skal udvikles en speciel applikation i forbindelse med et genbrug. Case04's pæleliste-generering er et godt eksempel på dette. Her var man nødt til at få udviklet en plug-in for at få de ønskede data, som i forvejen var i modellen, ud i en ønsket form. I andre tilfælde må man enten danne en ny model eller gå efter datakvaliteten uden en tidsmæssig besparelse. I andre tilfælde skal modeldata bearbejdes så meget, at rationalet forsvinder. Dette var eksempelvis tilfældet ved nogle af simuleringerne af varmetab og indeklima i case02, hvor modeloverførsel til analyseprogram ikke er optimeret. Kollisionskontrol ved case02 er derimod et eksempel på et komplet genbrug. Her anvendes IFC formatet til overførsel fra modelleringsprogram til konsistenskontrolprogram.

Alligevel må det konstateres, at datagenbrug giver gevinster. Der ligger stadig en rationaliseringsgevinst i at få en delmængde af data overflyttet til en ny aktivitet. Man skal imidlertid være opmærksom på ved genbrug af modeldata at afveje tidsforbruget ved overførsel og databearbejdning med datasikkerheden.

Anvendelse af standarder sikrer genbrug

En af barriererne for genbrug er mangel på standarder og guidelines i relation til arbejdet med 3D arbejdsmetode/BIM. Dette gælder nationalt og internationalt. I den danske kontekst er der eksempelvis udviklet værktøjer, så man på projektniveau, kan understøtte en teknisk aftaleramme for projektet (Foreningen bips's IKT-specifikation 2008). Den kan ikke stå alene og den refererer til manualer, der på visse områder mangler en præcisering. Den er imidlertid et nyttigt værktøj og er blevet anvendt i case02 for at kunne styre de mange parter, specielt vedrørende udveksling. IKT-specifikationen var overvejet ved case04, men blev fravalgt grundet manglende erfaring med at udfylde den. Den er senere taget op af casens hovedaktør i senere projekter.

Case01 repræsenterer et IKT-koncept, hvor datagenbruget er sat i system. Man arbejder med en bygningsmodel på et skitseniveau, som suppleres med informationer til et myndighedsniveau og senere et hovedprojektniveau. Genbrugsgevinsten udløses, naturligt nok, først ved genbruget i de senere faser. Case01 fremviser også en genbrugsgevinst ved simulering af energiforbrug ved at man kan overføre

modelldata til analyseprogrammet. Her går overførslen godt, da der er en direkte oversætter mellem programmerne. Visualiseringsfunktionerne anvender også direkte den eksisterende modelrepræsentation. Alt i alt er gevinsterne relateret til genbrug store i casen.

Case02 repræsenterer det IKT-koncept, der har det største omfang af genbrug. Der er genbrugseffekter ved modelleringen, hvor man går fra et informationsniveau til det næste med genbrug af modelldata. Koordineringsaktiviteten og konsistenskontrolaktiviteten bygger på de udviklede fagmodeller. Simulationerne er også til en vis udstrækning styret af genbrug af modelldata. Visualiseringsfunktionerne i forhold til bygherren, de kommende brugere og folkene på byggepladsen tager udgangspunkt i det eksisterende modelgrundlag. I casen er der også et eksempel på en kreativ anvendelse af datagenbrug. Det er i forbindelse med rengøringsentreprisen, hvor man anvender arkitektfagmodellen til at udtrække de driftsdata, som er nødvendige for at udbyde, evaluere og kontrollere rengøringsentreprisen.

Case03 repræsenterer et IKT-koncept, hvor der ikke umiddelbart sættes på datagenbrug. IKT-konceptet repræsenterer dybest set en styrings- og kontrolfunktion, der indebærer en reduceret parallelprojektering. Her bliver der kun i meget lille udstrækning flyttet data modelbaseret fra det ene forløb til det andet (tegningsunderlag til modelarbejdet). Der foregår dog en vis grad af genbrug internt i kontrolforløbet, ved at fagmodeller udarbejdet i modeleringssoftware for konsistenskontrol overføres til 5D softwaren for planlægning/kontrol af tid og økonomi. Endelig bliver driftsdata overført til driftsprogrammet med en form for automatik, der sikrer datakvaliteten.

Case04 repræsenterer et IKT-koncept, der er så snævert (grundet første trin i en udvikling) at der kun er fundet begrænsede eksempler på datagenbrug. Det mest iøjnefaldende er det tidligere nævnte generering af pælelister med informationer til landmåleren på pladsen. Her udnyttes modelldata til anden funktion. Animationen til branding af virksomheden er et andet eksempel på genbrug af modelldata. I de næste trin i implementeringen af en 3D arbejdsmetode er potentialet for genbrug stort, eksempelvis ved anvendelse af modelldata til statistiske beregninger.

Delkonklusion:

- **Genbrug af modelldata i meningsfulde processer (processer der skaber værdi i et projektforsøg) giver gevinster.**
- **De cases, der gennemfører det største omfang af genbrug har de fleste gevinster.**
- **De aktører, der har opmærksomheden rettet mod dataudtræk fra modeller til andre funktioner, kan demonstrere gevinster.**
- **Det er en kreativ udfordring for medarbejderne at udnytte modelldata i kendte og nye processer og på nye forretningsområder.**
- **Der mangler standardisering på flere områder for at kunne udnytte genbrug i større omfang.**

13.7 Investering i IKT/BIM giver gevinster og gavner alle

Gevinster i forhold til investering på virksomheds- og projektniveau

Samtlige cases viser, at for en beskeden investering opnår man gevinster. De viser samtidigt, at de virksomheder, der investerer mest (relativt i forhold til deres procesomfang) også er dem, der kan udvise de fleste gevinster. Det er nødvendigt her at skelne mellem virksomhedsniveauet og projektniveauet. Der er hver gang klart overskud på resultatsiden når man ser på projektniveauet. Derimod kan der optræde

underskud for visse af aktørerne på virksomhedsniveauet. Det skyldes, at investeringer og implementeringsomkostninger er ujævn fordelt mellem parterne. Der er typisk nogle af parterne, der har de største initiale udgifter ved en modelbaseret arbejdsmetode. Det er oplagt, at den part, der som den første opbygger en digital bygningsmodel, også har den største omkostning. De parter, der senere i procesforløbet anvender denne bygningsmodel, kan gøre det med en mindre omkostning.

Investering nødvendig for at få adgang til gevinster

Det er imidlertid ikke helt så simpelt, som beskrevet ovenfor. Det er i casene konstateret, at den største omkostning ikke ligger i anskaffelser af hard- og software, men i implementering af en ny arbejdsmetode og i kompetenceløft for medarbejderne. Dette betyder, at de parter, der anvender bygningsmodeller og modeldata senere i procesforløbet, skal være rustet til nyttiggøre dem digitalt eller modelbaseret og derfor er nødt til at fortage en tilsvarende implementering af metoder og kompetencer. Eksemplet fra case02 viser en fagentreprenør for ventilationsentreprisen, der arbejder modelbaseret, og har haft relativt store investeringer for at kunne arbejde modelbaseret. I det konkrete projekt var grundlaget for installationerne fastlagt i modelform af hovedrådgiveren og den detaljerede projektering foregik modelbaseret af fagentreprenøren. Det betød at værdioverførslen på modelniveau var begrænset. Men uanset hvor stor en del af ventilationsfagmodellen, der var blevet overført fra hovedrådgiver til ventilationsentreprenøren, var han nødt til at anskaffe sig værktøjer og udvikle metoder og kompetencer for at kunne arbejde modelbaseret.

Suboptimering alene giver gevinst

Ser man på ventilationsentreprenøren i case02 isoleret, så fremviser han et meget positivt resultat indenfor egne processer, på trods af at han har relativt store omkostninger til implementering. Det underbygger registreringen af, at der i casene er målt gevinster alene indenfor de enkelte delprocesser. Altså en suboptimering af processer på virksomhedsniveau. Det kan eksempelvis måles ved tegningsgenereringen i case01, i kollisionsskontrollen i case02, i styring og koordinering i case03 og i tegningsgenereringen i case04, når man fordeler implementeringsomkostningerne over flere projekter.

Gevinster for parter, der ikke investerer i IKT

Der er også gevinster for de parter, der endnu ikke har implementeret modelbaserede arbejdsmetoder og værktøjer. Gevinsterne ligger typisk i, at det modtagne projektmateriale er af en højere kvalitet end et traditionelt materiale, og at der er adgang til at viewe bygningsmodeller. Den højere kvalitet skyldes overvejende, at tegningsmaterialet er bedre koordineret og konsistenskontrolleret og dermed med færre fejl. Et eksempel på dette er de billigere tilbud på entrepriser i case01 og case03. Adgangen til at viewe modeller er et supplement til tegningsmaterialet, som gør parterne bedre i stand til selv at granske projektet for afklaringer. Et eksempel på dette er bygherrens bedre grundlag for beslutninger i case01 og en fagentreprenørs bedre mulighed for selv at finde detailinformation i projektet og dermed spare tid (case02).

Jo flere anvendelser af metoder og værktøjer jo større gevinster

Investering i værktøjer, arbejdsmetode og kompetencer kan ikke kun betragtes som omkostninger i det enkelte projekt. Det er konstateret i casene, at de fleste omkostninger til implementering er placeret ved det projekt, hvor teknologien anvendes første gang. Dette er udtryk for, at der i den enkelte virksomhed ikke er en specielt projektkonto for IKT baseret innovation. Det vil sige at man betragter implementeringen som en gradvis opkvalificering af metoder og medarbejdere. Set over et større spænd af tid i en større virksomhed er det en mulig innovationsstrategi. Men strategien er hæmmende for udviklingstakten for implementering. Ved et første gennemløb vil der blive udviklet arbejdsmetoder og værktøjer, som senere projekter drager nytte af. For at få et retvisende billede af disse implementeringsomkost-

ninger i forhold til gevinster har ØG-DDB projektgruppen fordelt omkostningerne over 3 projekter. Det lille antal gennemløb er udtryk for et konservativt skøn for ikke at overdrive gevinsteffekten.

Jo bedre udnyttelse af kompetencer jo større gevinster

En anden effekt ved flere gennemløb er de opnåede rutiner, erfaringer og kompetencer hos medarbejderne, som gør medarbejderne i stand til at løse de samme opgaver hurtigere med det voksende antal gennemløb. I det omfang man er i stand til, i den enkelte virksomhed, at opbygge en række virksomhedsstandarder for modelopbygning, dataudtræk, tegningsgenerering osv. får man større mulighed for at høste de gevinster, der skyldes gentagelsesaktiviteter.

Jo flere projektgennemløb jo større gevinster

Når man ser på de konkrete cases, er det vanskeligt at skille disse to faktorer vedr. antallet af gennemløb fra hinanden. I case04 eksempelvis har man en stor omkostning ved implementering af en helt ny modelbaseret arbejds metode til tegningsgenerering. Ser man isoleret på casen, vil den fremvise en negativ gevinst. Af implementeringsomkostningen på ca. 1 mio. kr. indgår opbygningen af et komponentbibliotek, opkvalificering af samtlige berørte medarbejdere. Dette repræsenterer en værdi, som overføres til næste projekt og udnyttes i et stort omfang. Aktørerne udtrykker det selv som et underskud første gang, breakeven anden gang og overskud tredje. Fordeles implementeringsomkostningerne over 3 projekter er der et positivt resultat for alle 3 gennemløb.

Case01 er et godt eksempel på en lille rådgiver, der på et tidspunkt tager den store beslutning om at arbejde model- og objektorienteret i sine arbejdsprocesser. Det har krævet en for virksomheden stor investering, som kun giver mening forudsat at dette IKT-koncept bliver anvendt i alle kommende opgaver. Det betyder, at jo flere gennemløb jo mere udtynding af de initiale implementeringsomkostninger. Imidlertid skal værktøjer og kompetencer løbende opgraderes, og det finansieres i princippet af den besparelse, der ligger i antallet af gennemløb. Den rådgivende ingeniør i casen har gevinster af samme type som arkitekten. Endelig er bygherren et eksempel på en part, der ikke investerer, men kan høste den største gevinst i casen ved et reduceret tilbud fra entreprenøren. Dog går en mindre del af gevinsten tilbage til arkitekten som honoreret merydelse.

Case02 repræsenterer hovedrådgiveren en virksomhed, som tidligt har satset på at arbejde model- og objektorienteret i sine arbejdsprocesser, på linje med arkitekten i case01, men i en meget større skala. Der indgår således mange flere delprocesser hos hovedrådgiveren i denne case. Implementering af værktøjer og metoder i disse processer er sket over tid i forbindelse med og overvejende finansieret af konkrete projekter. Det er derfor vanskeligt at måle gevinster og omkostninger på det konkrete projekt i casen. Omkostningerne vurderes til at være beskedne, da et stykke IKT-værktøj erstattes af et andet. Kompetenceudviklingen vurderes at være den mest omkostningstunge i så stor en organisation. Det betyder, at det kun er dele af medarbejderstaben, der er i stand til at arbejde modelbaseret. At IKT-konceptet er gennemført ved tidligere projekter er en forudsætning for det positive resultat. På gevinstsiden skyldes de største registrerede effekter for hovedrådgiveren, at projektmaterialer er koordineret og fejlfrit, det reducerer problemer under udførelsen. Stort set alle eksterne parter demonstrerer afledte gevinster enten ved egen investering (ventilationsentreprenøren) eller ved arvede gevinster (koordineret projektmateriale af høj kvalitet).

Case03 repræsenterer en byg- og driftsherre, som i forbindelse med caseprojektet har besluttet sig for helhjertet at implementere en modelbaseret arbejds metode til støtte for hans beslutningsprocesser under projekteringen og sikring af valide data ved driften. Her er implementeringsomkostningerne reduceret ved at outsource de modelbaserede aktiviteter til ekstern konsulent. De investeringer i værktøjer og kompetence for at høste de relativt store gevinster er meget beskedne. Driftsherren har en meget

stor bygningsportefølge og det er meningen at IKT-konceptet skal breddes ud på alle. Dette vurderes af driftsherren at give adgang til meget store gevinster gennem gentagelseeffekten, som er indeholdt i hans BIM-strategi.

Case04 repræsenterer en entreprenør, som med caseprojektet ønsker at implementere en modelbaseret arbejdsmetode til tegningsgenerering. Omkostningerne er relativt store i forhold til det begrænsede procesindhold. Fordelt over flere projekter, som investering, er der dog en rimelig økonomi i konceptet. Konstruktionsmodellen bliver kun udnyttet begrænset. En større udnyttelse i senere processer ville give et højere gevinstniveau, da omkostningerne til modelopbygningen er de samme. Det begrænsede dækningsområde for IKT-konceptet gør, at casen kun indeholder begrænsede gevinster hos samarbejdspartnerne. En gevinst, der blev vurderet som meget væsentlig var muligheden for fastholdelse og rekruttering af dygtige medarbejdere.

Delkonklusioner:

- **Gevinsterne er ofte større på projektniveau end på virksomhedsniveau.**
- **Jo mere man investerer i relevante værktøjer og kompetencer jo mere høster man.**
- **Suboptimering alene af enkelte processer giver gevinst.**
- **Ved gentagelse af IKT-konceptet i flere projekter vil produktivetsgraden stige.**
- **Samarbejdspartnere, der ikke investerer i IKT får også gevinster.**
- **Fastholdelse og rekruttering af medarbejdere har stor betydning ved IKT-implementering.**

13.8 Hvor ligger gevinsterne og af hvilken type

Lokalisering af gevinster generelt

Ser man på det overordnede 3D arbejdsmetode eller BIM koncept så indebærer dette dels at man arbejder med digitale bygningsmodeller, der konkretiseret og værditilføres hen gennem hele projektets livscyklus og på dels, at dette foregår i et integreret samarbejde mellem alle parterne i et byggeprojekt. Der er således to væsentlige aspekter ved BIM, som man er nødt til at adskille, når man bedømmer gevinster og forudsætninger for gevinster. På den ene side har man BIM som en samling indbyrdes forbundne og tilgængelige containere for information og på den anden side det integrerede samarbejde mellem parterne, som kan udtrykkes som integreret/lean design og udførelse (begrebet VDC, Virtual Design and Construction, dækker dette aspekt bedre end BIM).

BIM som datacontainer

Det første aspekt henvender sig hovedsageligt til værktøjerne, der indgår i opbygningen af bygningsmodeller og som anvendes til de tilknyttede hovedaktiviteter, tegningsgenerering, simulering osv. Disse værktøjer er i stort omfang bundet til virksomhederne og repræsenterer typisk digitalisering og objektorientering af processer i virksomheden. Outputtet fra disse værktøjer er læsbart for andre værktøjer enten direkte eller via andre formater. Gevinsterne her er direkte og er forårsaget af en mere rationel produktion (tidsbesparelse, bedre kvalitet m.m.) og ligger i den enkelte virksomhed. Den enkelte virksomhed er hovedsagelig selv herre over udnyttelsen af dette gevinstpotentiale. Case04's tegningsgenererings-koncept er et typisk eksempel på denne gevinsttype.

BIM som samarbejdsmetode

Det andet aspekt, det integrerede samarbejde, kan i princippet gennemføres uden BIM, men en modelbaseret arbejdsmetode vil understøtte denne samarbejdsform. Gevinsterne ved dette aspekt er langt vanskeligere at lokalisere, da de ofte er afledte i forhold til en tidligere digitaliseringsproces, og specielt omkostningerne ved disse processer er vanskeligere at lokalisere, da de er afholdt af en anden projektpart. Gevinsterne her må betragtes som værende på projektniveau, selv om de konkret udløses i de forskellige virksomheder, der gennem dette integrerede samarbejde får adgang til gevinsterne. Det er det integrerede samarbejde, der er forudsætningen for den overvejende del af denne type gevinster. Case01's prisreduktion i tilbuddet fra tømrer er et typisk eksempel på denne gevinsttype.

Værdikæden skal sættes i gang

Ser man på hele projektforløbet fra programfasen til bortskaffelse så optræder de forskellige parter med de aktiviteter der er foreskrevet i ydelsesbeskrivelser m.m. samt i forhold til de aftaler, der er indgået mellemparterne indenfor rammen af projektet. Når arbejdsmetoden ændres mod en digital, modelbaseret arbejdsmetode ændres samtidigt opgaverne hos projektets parter og specielt kravene til de ressourcer, der skal anvendes - både for at arbejde modelbaseret og for at fremme det integrerede samarbejde.

Der er nogle af parterne, der må påtage sig de grundlæggende opgaver, dels at etablere bygningsmodeller (case01, -02, -03, -04) og dels at sikre samarbejdet gennem at etablere projekweb/server (case02), at etablere og tage ansvar for procedurer vedr. kollisionskontrol mellem flere fagmodeller (case01, -02, -03), etablere 'Big room' til fysisk samling af de forskellige parter (case01 (little room), case02 (Big room)) osv. Dette er forudsætningen for, at der skabes gevinster på projektniveau. Der er i casestudierne sat specielt fokus på den part, der har påtaget sig denne opgave. I de 4 casestudier er gevinsttyperne således beskrevet i forhold til denne hovedaktør, for at give et nuanceret billede af de forskellige gevinsttypers lokalisering i en fælles kontekst (hvor tæt er gevinsterne på deres forudsætninger i projektet).

Gevinsttyper på virksomheds- og projektniveau

Der opereres med et hierarki af gevinsttyper i forhold til den kontekst de indgår i:

- **Direkte gevinster**, som er placeret i den undersøgte proces i virksomheden.
- **Indirekte gevinster**, som er placeret i anden proces i virksomheden.
- **Afledte gevinster**, som er placeret i anden proces i anden virksomhed.

Den direkte gevinst er den gevinst, som er et direkte resultat af de grundlæggende modelbaserede aktiviteter hos hovedaktøren i IKT-konceptet i casen. Denne gevinst tilfalder den enkelte virksomhed og er ofte uafhængig af et integreret samarbejde i projektet. Eksempler på sådanne gevinster er den modelbaserede arbejdsmetode til projektering i case01 og den modelbaserede arbejdsmetode til tegningsgenerering i case04.

Den indirekte gevinst er en gevinst, der optræder i en anden aktivitet i samme virksomhed, men hvor en tidligere aktivitet er en forudsætning for gevinsten. Eksempler på sådanne gevinster er energiberegningen i case01, simuleringerne og den hurtigere afvikling af rådgiverteamet i case02, bedre lokale- og inventarstyring i case03 og tilbudsregning modelbaseret i case04.

Den afledte gevinst er en gevinst, der optræder i forbindelse med en anden aktivitet hos en anden part, men hvor en tidligere aktivitet hos oprindelig part er en forudsætning for gevinsten. Gevinsterne ligger således typisk på projektniveau. Eksempler på denne type gevinster er de billigere entreprisetilbud i case01 og -03, drifts-tilbudsgrundlaget i case02 og fejlfindingen ved stålkonstruktionen i case04.

Gevinsttyperne indikerer integrationsniveauet

Der er for nogle af casene relativt mange afledte gevinster. Dette er udtryk for, at der har foregået et integreret samarbejde på et vist niveau i projektet. Integrationsniveauet er størst i case01. Når der optræder få afledte gevinster i en case, er det et udtryk for at integrationen har foregået i mindre udstrækning i projektet. Integrationsniveauet er lavest i case04. Antallet af afledte gevinster er ikke determinerende for de andre typer af gevinster, men der er ofte en sammenhæng. Der henvises til de detaljerede casebeskrivelser, hvor gevinsttyper er angivet for de enkelte aktiviteter og hvor integrationsniveau er angivet for casens projektsamarbejde.

Integration og tværdisciplinært samarbejde kan give gevinster

Der som beskrevet ovenfor registreret en lang række af direkte og indirekte gevinster, som er placeret i de enkelte virksomheder (intra organisatorisk og dekoblet (suboptimering)) og koblet). Dette er gevinsttyper, der ikke har det integrerede samarbejde som forudsætning. De afledte gevinster har det integrerede samarbejde som forudsætning og er derfor specielt interessante i en BIM sammenhæng, også da de indikerer omfanget af genbrug af modeldata. Den case der repræsenterer den største grad af integration er case02 (inter organisatorisk og koblet til andre parter) har også de største gevinster på projektniveau. Case04 (intra organisatorisk og dekoblet) har de mindste gevinster på projektniveau. Det kan ikke generaliseres til en lovmæssighed, at jo større integration jo større gevinster, men det er på den anden side ikke hindrende for store gevinster.

Case01 har fokus på den mindre arkitektrådgiver, som den part, der initierer IKT-konceptet. Konceptet er i første omgang henvendt mod egne processer (intra organisatorisk) med formålet at optimere disse. Der er en større omkostning i den første fase af projekteringen, som bliver honoreret af bygherren. Den efterfølgende projektering viser tidsmæssige besparelser som direkte gevinster. Simulering af energiforbruget, som er en merydelse, der bygger på modeldata, fremviser en indirekte effekt. Integrationsniveauet er ikke så højt i casen, men den viser dog store afledte effekter som eksempelvis det lavere entreprisetilbud, bedre samarbejde og bedre tryk igennem processen for bygherren.

Case02 har fokus på den større ingeniørrådgiver, som den part, der initierer et meget integreret IKT-koncept. Konceptet lægger op til et tværfagligt samarbejde mellem alle parter. Det betyder at der fra start etableres projektweb, at man opbygger et projekteringsrum ('big room') fælles for parterne og man organiserer sig i et partnering samarbejde. De direkte gevinster ligger på et mere konsistent projektmateriale, færre fejl, hurtigere ændringer og opdatering af materialet, automation ved generering af tegningsmaterialet, genbrug ved simulering og som den største af denne type gevinster hurtigere afvikling af projekteringsteamet. Af indirekte gevinster kan nævnes medarbejderinvolvering, bedre procesforståelse o.l. Det høje integrationsniveau giver et stort antal afledte gevinster hos de andre parter: reduktion i tilbudssum, genbrug af data ved numerisk styret stålproduktion, materialestillinger håndteret digitalt, optimering af fagentrepriser (ventilation), færre montagestop på byggepladsen for flere fagentreprenører og endelig optimering af udbudsforretningen for rengøringsentreprisen.

Case03 har fokus på byg- og driftsherren, som initierer et IKT-koncept for at optimere egne processer under projekteringen med brug af ekstern rådgiver, der arbejder modelbaseret. Konceptet repræsenterer ikke et højt integrationsniveau, da selve projekteringen forløber traditionelt dokumentbaseret, og hvor driftsherrerådgiveren arbejder modelbaseret, men internt i egen organisation. Der er derfor ikke registreret mange afledte gevinster i casen. Dog har kontrolfunktionerne hos driftsherrerådgiveren givet færre montagestop på byggepladsen til gavn for entreprenørerne. På virksomhedsniveau er der til gengæld registreret en række direkte gevinster for driftsherren. En meget stor reduktion i tilbudssummerne, besparelser ved styring af udbetalinger til entreprenørerne og endelig lavere omkostninger til etablering af et D&V grundlag, der giver besparelser på drift og vedligehold samt forvaltning.

Case04 har fokus på en større entreprenør med rådgiverfunktion som har initieret et IKT-koncept som i første omgang er internt, rettet mod egne processer, men som er tænkt gående mod en større projektintegration. Casen repræsenterer derfor overvejende gevinster på virksomhedsniveau. De største direkte gevinster ligger i tegningsgenereringen fra konstruktionsmodeller, hvor resultatet er positivt allerede efter andet projektgennemløb. Modelrepræsentationen bliver udnyttet i mindre grad i andre processer, her i første gennemløb, men der er dog eksempler på indirekte gevinster eksempelvis ved udtræk af objektdata til fundamentspælelister til landmåler. Eneste afledte gevinst registreret er fejlfindingen på stålkonstruktionen ved kollisionsskontrol mellem to fagmodeller.

Delkonklusioner:

- **De direkte og indirekte gevinster ligger på virksomhedsniveau. Her er der direkte relation mellem omkostning og gevinst, ofte gennem automation .**
- **De afledte gevinster ligger på projektniveau. Fordelingen mellem parternes omkostninger og gevinster er ujævn. Nogle sår, andre høster.**
- **Nogle parter skal igangsætte den ny arbejdsmetode i et projekt og får dermed de initiale omkostninger ved at arbejde modelbaseret.**
- **Der er en tilbøjelighed til ved implementering af IKT at satse på virksomhedsniveauet, da man her kan se en hurtig effekt på investeringerne i egen virksomhed.**
- **Integration og tværdisciplinært samarbejde er ikke hindrende for gevinster, men kan give adgang til store gevinster.**

13.9 De væsentligste effektområder i casene

En overordnet analyse af casene viser nogle klare tendenser for hvilke hovedområder, der repræsenterer store effektmuligheder på tværs af casene. Det skal igen pointeres, at det ikke er muligt at generalisere ud fra registreringer i casene, men at de kan give et fingerpeg om, casebaseret, hvor der ligger gevinstpotentialer ved implementering af modelbaserede arbejdsmetoder i en dansk kontekst i dag.

Suboptimering af enkelte processer

Gevinster på dette niveau er beskrevet tidligere og er at finde under de enkelte cases som direkte gevinster, så det vil ikke blive analyseret yderligere. Virksomhedsniveauet er interessant, da det i sidste ende er virksomheder, der beslutter sig for en implementering. Her kommer finansiering af innovation ind, da denne ofte er bundet til projektøkonomien, dvs. tilbøjelighed til at investere i suboptimering på bekostning af projektniveauet.

Grundlaget for gevinster ligger tidligt i byggeprocessen

Der er tidligere redegjort for, hvordan de tidlige fasers modelopbygning har været omkostningstunge, specielt ved en førstegangsimplementering og ved første gennemløb, tydeligst demonstreret i case04. Imidlertid er det her grundstenen bliver lagt til stort set alle efterfølgende større gevinster, der er registreret. Det er overvejende aktiviteterne under projekteringen, som giver de store, afledte gevinstmuligheder i det senere faseforløb. Det viser sig i casene, at nogle af gevinsterne skyldes det direkte genbrug af modeldata fra bygningsmodeller udviklet tidligere, men den helt overvejende årsag til gevinsterne stammer fra kvaliteten af det projektmateriale, som bliver genereret modelbaseret under projekteringen. Den høje kvalitet ligger på flere områder.

Mere konsistent projektmateriale

At konsistentstjekke og kvalitetssikre dokumentbaseret er meget tids- og ressourcekrævende. Der indgår mange tegninger i et projektmateriale og alle relationer mellem samme data i hver tegning skal tjekkes manuelt. Sandsynligheden for fejl er meget stor. En modelbaseret arbejdsmetode kan sikre en højere grad af konsistens med en mindre indsats end ved traditionelle dokumentbaserede metoder. Alene det, at der er overensstemmelse (concurrency) mellem tegninger fra sammen model giver en høj grad af konsistens. Dertil skal lægges efterbehandlinger af modeller med konsistenskontrollværktøjer, der forøger konsistensen i modellerne. Den mest anvendte funktion er kollisionskontrollen, som kan ligge internt i modelleringsværktøjet (case01 og -04) eller i specialsoftware (case02, -03).

Bedre koordineret projektmateriale

Tilsvarende er koordinering dokumentbaseret tilsvarende tids- og ressourcekrævende. Koordinering er yderlige kompliceret ved at det også skal foregå mellem de forskellige af projektets parter. En modelbaseret arbejdsmetode kan sikre at modeller og tegninger kan være koordineret på et meget højere niveau end ved manuelle metoder. Koordinering betyder, at der er overensstemmelse mellem projektmaterialet på tværs af virksomhederne, og her kan modelbaserede værktøjer og metoder hjælpe til på projektniveau. Man kan have fagmodeller samlet på fælles platform, man kan samprojektere i 'big room', man kan gennemføre kollisionskontrol mellem forskellige fagmodeller osv. Her viser case02 det højeste niveau af koordinering.

Grundlaget for afledte gevinster er et høj kvalitet projektmateriale

Alt dette resulterer i, når man anvender en modelbaseret arbejdsmetode, et projektmateriale (modeller, tegninger, tekst), hvor antallet af fejl med hensyn til konsistens og koordinering er stærkt reducerede. Det er denne høje kvalitet, der slår igennem som et afledt gevinstpotentiale, når de efterfølgende aktører anvender projektmaterialet. I det følgende beskrives de største gevinster, der er registreret i casene. Det er alle indirekte eller afledte gevinster, der som forudsætninger har et projektmateriale af en høj kvalitet.

Lavere tilbudspriser

Der er direkte registreret lavere tilbudspriser i case01, case02 og case03. I case01 skyldes de 10 % reduktion i tilbudspris fra tømrer, at han havde gode erfaringer med rådgiverens projektmateriale fra tidligere byggeprojekter, det gælder tegninger og mængdelister. Materialets høje kvalitet på konsistens og koordinering skyldes overvejende rådgivers modelbaserede arbejdsmetode. Det skal pointeres at de 10 % reduktion er et udsagn fra fagentreprenøren.

I case03 er setup'et lidt mere kompliceret. Her anvender byg- og driftsherren præcise mængdelister genereret fra en digital bygningsmodel til i en forhandling med fagentreprenører at reducere det usikkerhedstillæg, som ofte forekommer og kan skyldes et ikke konsistent og koordineret udbudsmateriale. De ca. 15 % lavere tilbudspriser skyldes overvejende det bedre datagrundlag, som er skabt gennem den modelbaserede arbejdsmetode.

I case02 er der registreret lavere tilbudspriser på to entrepriser. Ventilationsentreprisen er valgt ud som eksempel på en fagentreprise, og her er der identificeret en reduktion i tilbud ved forhandling af entreprisesum for merarbejde. Gevinsten er ikke opgjort i %, men er vurderet af fagentreprenøren til at være betydelig ('supplerende tilbudsgivning ville være noget højere'). Effekt kan ikke spores i de oprindelige tilbud fra fagentreprenørerne, da det var et almindeligt offentligt udbud med et traditionelt udbudsma-

teriale. Ved rengøringsentreprisen blev en driftsmodel anvendt til udbud, tilbud og evaluering af tilbudene. Ved at have præcise mængdefortegnelser blev tilbudsgivningen reduceret med 20-30 %. Udvælgelsesprocessen blev tilsvarende optimeret. Den faktuelle reduktion i tilbudspris er ikke registreret, da den blev fastlagt gennem en række forhandlinger støttet af modellen, men vurderes at være betydelig.

I case04 er der ikke registreret lavere tilbudspriser. Hovedaktøren i casen var totalentreprenør og der foregik ikke et offentligt udbud. Ved ikke at gennemføre et offentligt udbud og ikke at orientere om den anvendte modelbaserede arbejdsmetode ved tegningsgenerering besværliggøres det at måle en effekt i form af levere tilbudspriser.

Hurtigere afvikling af rådgiverne på byggepladsen og færre RFI

Effekten ved at have et mere gennearbejdet projektmateriale er tydeligt registreret i case02. Her er der lagt en stor indsats i at koordinere projektmateriale ved løbende under projekteringen at samle fagmodeller for arkitekt, konstruktion og installationer i fællesmodeller og udføre kollisionskontrol, og dermed reducere antallet af fejl betydeligt. Ingeniørrådgiveren lagde mod slutningen af hovedprojekteringen en ekstra indsats i at få reducere fejl og mangler på projektmateriale. Dette bevirkede, at der var et meget mindre behov for opfølgning på byggepladsen i form af ekstra kontrol, efterprojektering og konstruktionsændringer. Resultatet af dette var en hurtigere afvikling af rådgiverteamet på byggepladsen. Hvor der traditionelt for en byggesag af RHO's omfang vil være en reduktion i bemanningen fra 40 til 10 over 10 uger, blev den samme reduktion nu foretaget på 4 uger, en besparelse på ca. 3.5 mio. kr. Årsagen til denne besparelse er, vurderet af ingeniørrådgiveren, et lidt større indsats under projekteringen gennem modelbaseret koordinering og konsistenskontrol, således at der ikke skal løses problemer under udførelsen, hvor det er meget dyrt. Arkitektrådgiveren er ikke undersøgt, men må vurderes at have tilsvarende besparelser.

For de andre cases er identificeret tilsvarende effekter. Her er effekterne registreret som en reduktion i forespørgsler om information og afklaringer fra de udførende til rådgiverne. I case01 er det indirekte registreret i det reducerede entreprisetilbud samt bedømmelsen af tegningsmateriale som bedre end normalt og mere udførelsesorienteret. I case02 er svartiderne for RFI, vurderet af samtlige fagentreprentører reduceret væsentligt, eksempelvis er der registreret for vvs-entreprenøren en reduktion i svartid fra 2 dage til 2-4 timer. I case03 er effekten registreret som en tidsreduktion ved RFI-forespørgsler (Request For Information) på 50 % (nogenlunde svarende til reduktionen ved hurtigere afvikling i case02). I case04 blev tegningsmateriale både fra arkitekt og konstruktionsingeniør vurderet til at have en høj kvalitet og at være udførelsesorienteret (samme virksomhed for konstruktion og udførelse) og derfor medførte færre problemer på byggepladsen.

Færre montagestop på byggepladsen

Færre proces- og montagestop under udførelsen har været en typisk effekt i samtlige cases. Årsagen er blevet vurderet af parterne til at ligge i det bedre projektmateriale, som den modelbaserede arbejdsmetode har resulteret i. Der ligger en betydelig rationaliseringsgevinst i at have rensat sit materiale for fejl under projekteringen gennem den simuleret af udførelsen, som ligger i modelopbygningen samt kollisionskontrollen. Alternativet er at fejlene opdages på byggepladsen, hvor en rettelse og justering mod det oprindelige projektmål er meget mere omkostningskrævende. Det er bedre at opdage fejlene virtuelt end fysisk.

For case01 er der konstateret færre fejl i hovedprojektmateriale og samtidigt færre stop på byggepladsen. Besparelsen for entreprenøren er ikke målt, men vurderes at ligge højt, og det er udtrykt gennem det reducerede tilbud, som er en gevinst for bygherren. For case02 gælder, at der for alle de entrepre-

nører, der er underkastet måling, er der registreret færre montagestop på byggepladsen. Det gælder råhus, vvs- og ventilationsentreprisen. Råhusentreprenøren registrerede færre processtop grundet en reduktion i antallet af mindre fejl/kollisioner på 50 % samt ingen større kollisioner, hvor der normalt er en håndfuld på et projekt af RHO størrelse. Dette gav en betydelig besparelse i tid på byggepladsen. Vvs-entreprenøren benyttede sig af adgangen til bygningsmodellen og ved hjælp af en viewer kunne han afklare 90 % af problemerne på stedet. Ventilations-entreprenøren registrerede en reduktion i antallet af fejl på 85-90 %, hvilket gav en tidsbesparelse på byggepladsen på 10-15 %. Hertil kommer muligheden for, gennem de velkoordinerede modeller, at kunne tilrettelægge arbejdet mere fleksibelt mellem parterne. Ventilationsingeniøren, som repræsenterer den fagentreprenør der mest gennemført arbejdede modelbaseret, udførte således sin entreprise betydeligt hurtigere end normalt, og fremviser en betydelig rationaliseringsgevinst. Case04 repræsenterer et andet koncept her end de andre cases, da konstruktionsrådgiver og totalentreprenør er samme virksomhed. Dette betyder at der traditionelt er færre konflikter mellem disse to funktioner, da de tidligere har lagt mange ressourcer i manuelt at udarbejde et projektmateriale med få fejl. Der er dog konstateret en betydelig gevinst, ved at finde en alvorlig fejl ved stålkonstruktionerne over atrierne gennem kollisionsskontrol. Hvis fejlen først var fundet under udførelsen ville den have kostet ½ til 1 mio. kr. i udbedringer, ventetid og i processtop.

Rationel drift og vedligeholdelse

Hele BIM konceptet med sin modelbaserede arbejdsmetode gennem hele projektforløbet kan medføre, at afleveringen af data til drift og vedligehold kan foregå rationelt og med en høj datakvalitet, da d&v data bliver opsamlet undervejs og overføres direkte til driftsherrens driftssystem. Dette var også et af incitamenterne i Det Digitale Byggeris bygherrekrav for den statslige byg- og driftsherre. Den case, der klarest er gået efter dette gevinstområde er case03. For at sikre sig adgang til dette gevinstpotentiale har driftsherren entreret med en ekstern konsulent for at gennemføre en 3D modellering til styring af processerne og for at opsamle d&v data igennem projektering og udførelse. Driftsdata bliver linket til driftsprogrammet og via planer og objektorienteringen er der adgang til driftsprogrammets funktionalitet. Denne funktionalitet har driftsherren vurderet giver en besparelse på 15 % både på drift, og vedligehold, omregnet til nutidsværdi over 15 år en besparelse på ca. 9 mio. kr. Konceptet er planlagt udrullet på driftsherrens hele bygningsportefølje. Det skal pointeres, at arbejdsmetoden ikke alene er årsagen til besparelsen, men driftsherren vurderer, at det er en forudsætning for at få adgang til besparelserne indenfor en rimelig investering. Investeringen har i denne case udgjort 1,5 mio. kr.

Også i case02 har der været fokus på drift og vedligehold, da hovedrådgiveren samtidigt er den kommende driftsherre. Ved at anvende en 3D arbejdsmetode er driftsherren nu i besiddelse af de vigtigste fagmodeller for at kunne drifte byggeriet rationelt og har samtidigt modelgrundlaget til senere ombygninger og renoveringer. Et eksempel på denne funktionalitet er gennemførelsen af den første rengøringsentreprise, som er beskrevet tidligere.

De største gevinster ligger i udførelse og drift, hvor modeldata anvendes og genbrugsgraden er stigende. De tidlige faser, hvor modellerne skabes, er omkostningstunge, men giver et koordineret projektmateriale til gavn for alle.

14 Erfaringsopsamling fra processen

Vigtigheden af et solidt metodegrundlag

Erfaringen fra arbejdet med casestudierne har været vigtigheden af at have et solidt metodegrundlag på plads. Andre casestudier fra litteraturen er karakteriseret ved, at der beskrives resultater fra casestudierne, men der ikke, eller kun i meget begrænset omfang redegøres for det metodiske. Dette forhold har stor betydning for, hvor troværdige resultaterne er. I erkendelse af dette, har ØG-DDB projektgruppen lagt et stort arbejde i at opbygge et metodeapparat. Dette arbejde har været nødvendigt, da der blev konstateret en række uklarheder i de tilgængelige metoder, bl.a. metoderne fra DDB's Bedst i Byggeriet, men også fra de internationale kilder, som er refereret i kapitel 2. I forbindelse med metodearbejdet var der tilsvarende en lang række begreber, som skulle defineres entydigt for at kunne anvendes i effektvurdering og beskrivelse, eksempelvis integrationsniveau, gevinsttyper, modelniveauer osv.

Heri ligger også en metodeudviklingsproces, hvor projektgruppen først udviklede en metodemanual (ØG-MM) i en første version, byggende på metodemanualen fra DDB's Bedst i Byggeriet. Denne er løbende blevet opdateret og suppleret hen gennem projektforløbet, således at der ved projektets afslutning ligger en version 2, som er testet gennem casestudierne, og som er meget mere operationel ved eventuelle fremtidige casestudier. Version 2 er enklere i sit indhold og struktur og begreberne, der indgår, er mere entydigt specificerede.

Dette arbejde har stort set taget halvdelen af projekttiden, men vurderes af projektgruppen at være en nødvendig forudsætning for at casestudiernes resultater kan betragtes som troværdige. Ved efterfølgende casestudier vil man, hvis man tager udgangspunkt i dette projekts metodeapparat, kunne komme meget hurtigere i gang med de egentlige casestudier.

Vigtigheden af et godt kendskab til byggeprojektet og dets aktører

En erfaring under casestudierne har været, at det er nødvendigt at kende IKT-konceptet godt. Det vil sige selve byggeprojektet, aktørerne der indgår, deres relationer, de metoder og værktøjer der anvendes, strategierne i virksomhederne m.m. Der er brugt mange møder med caseaktørerne alene for at kunne identificere gevinster, og det har været nødvendigt at skrive referater fra møderne for at dokumentere udsagn og have tekstligt indhold til selve casebeskrivelserne. Nogle gange kom der først interessante oplysninger på det tredje møde. Det kunne fremkomme ved et tilfælde, hvor der blev spurgt ind til et helt andet forhold. Erfaringen er, at det er nødvendigt at bruge meget tid på mødeaktiviteter, og det er nødvendigt at have et stringent metodeapparat med tjeklister, så sikrer at man får de nødvendige informationer

Det er vigtigt at den/de caseansvarlige er godt forberedt til disse møder. Dette sikres gennem proceduren (drejebogen) i metodemanualen, hvor man bl.a. har gennemført en potentialeanalyse, før det første møde, hvor de caseansvarlige på forhånd har vurderet, hvor gevinsterne kan være lokaliseret ud fra en objektiv betragtning af gevinstpotentialer. Det er en erfaring fra casestudierne, at medarbejdere, der indgår i en case, ofte ikke er opmærksomme på gevinstmuligheder ved digitalisering, da der ikke benchmarkes på nye arbejdsmetoder, og da der ikke er incitamenter for innovation.

Problemer med at få informationer

En anden erfaring, høstet under casestudierne, er vanskelighederne ved få adgang til cases og at gennemføre casestudierne. De fleste virksomheder har været positive med et første tilsagn om at lade sig

underkaste et casestudie. At aftale møder har været tidskrævende og tilbagemeldingen, specielt hvis der skal udfyldes skemaer eller godkendes beskrivelser, har været langsommelig med lange svartider. Det er et helt forståeligt problem, da den enkelte medarbejder i en virksomhed har en travl hverdag, hvor deltagelsen i et casestudie har en lav prioritet. Der er et problem i, at der ingen incitamenter er for medarbejdere for at deltage i et casestudie. Et andet problem er beslutningshierarkiet i en virksomhed i visse tilfælde ikke er befordrende for et casesamarbejde. På den anden side er erfaringen, at det er vigtigt at have fokus på og få kontakt med den enkelte virksomheds ildsjæle indenfor IKT-konceptet, som har startet de nye modelbaserede arbejdsmetoder eller anvender nye digitale værktøjer. Disse medarbejdere er vist sig at være de bedste kilder til information.

Rent procesmæssigt har det vist sig at være formålstjenligt at samle samtlige caseaktører i en virksomhed eller i et projekt, som er udvalgt til at bidrage med information til casen, til et fælles opstartmøde for at danne sig et samlet overblik over IKT-konceptet og lokalisere supplerende kilder, da man ikke på forhånd ved, hvem der er de bedste leverandører af information.

Videnoverførsel

En naturlig forudsætning ved caseudvælgelsen var, at de involverede virksomheder og deres medarbejdere lå på et højt IKT niveau. Ved at studere en sådan case og senere formidle resultaterne vil der foregå en videnoverførsel fra virksomheder med et højere niveau til et lavere niveau. Heri kan der ligge nogle konkurrencemæssige barrierer for de involverede virksomheder. Projektgruppen har dog ikke stødt på denne barriere i casestudierne. Der er registreret en stor åbenhed i at formidle de gode erfaringer, man har erhvervet i de enkelte virksomheder. Der er i virksomhederne en erkendelse af, at jo flere virksomheder der anvender 3D arbejdsmetode

Problem med videnoverførsel fra højt IKT til virks med lavere IKT. Konkurrencemæssige forhold!! Vi er dog ikke stødt på denne barriere i vores casestudier. Åbenhed, erkendelse af jo flere der anvender Jo bedre for en selv i et tættere samarbejde. Der er dog tegn på sektoreriske alliancer på nogle områder. Aftaler inklusve med tætte partnere. Hovedrådgiver.

Hvordan håndtere virksomhedsniveau og projektniveau

En vanskelig ved casestudierne har været at håndtere rationaliseringsgevinsterne på virksomhedsniveau og projektniveau. De caseaktører, der interviewes, er placeret i det byggeprojekt, man undersøger, og samtidig ansat i en virksomhed. Omkostningerne i forbindelse med implementeringen af ny teknologi er placeret i virksomheden, men er konteret projektet indenfor den ramme, der er aftalt mellem parterne. Gevinsterne tilfalder i nogle tilfælde den virksomhed, som har implementeret ny teknologi, i andre tilfælde andre parter (afledte gevinster). Et samlet regnskab på virksomhedsniveau kan registreret ved automation og optimering af egne processer, og informationsindsamlingen kan foregå internt i virksomheden.

Skal der opstilles et samlet regnskab på projektniveau, er der bidrag fra flere parter, hvor nogle gevinster er interne og andre er overført fra samarbejdspartnere. De enkelte virksomheder har fokus på deres interne gevinstmuligheder og ikke så meget på fælles projektgevinster, hvorfor disse kan være vanskelige at identificere.

For at kunne høste de afledte gevinster fuldt ud, er man nødt til at stille specifikke krav til sine partnere om form og struktur på data, hvilket man endnu ikke har en fast tradition for i den danske byggesektor. Visse projektbeslutninger tages på projektniveau, men de økonomiske konsekvenser ligger på virksomhedsniveau. Dette er en af grundene til det store fokus på interne processer i virksomhederne.

Projektniveauet er vanskeligste at håndtere i casestudier med hensyn til omkostninger og gevinster. Projektniveauet er i metoden søgt håndteret gennem lokaliseringen af gevinsterne, hvor denne gevinstoverførsel fra en part til en anden rummes i begrebet 'afledte gevinster', hvor man kontekstmæssigt tager udgangspunkt i én virksomhed. Det måletekniske problem er, at én part kan producere et større gevinstpotentiale end den modtagende part indfrier.

Projektniveauet er imidlertid ud fra et sektorsynspunkt meget interessant, da det beskriver de reelle rationaliseringsgevinster på det samfundsmæssigt plan, uafhængigt af organisatoriske og ejendomsretlige forhold.

Målgrupperettede beskrivelser

Der er i metodeapparatet og i casebeskrivelserne fokus på hvordan informationerne skal anvendes. I selve valget af casene er der fokus på de specifikke faggrupper, som enten er hovedaktører i casene eller er partnere i projektsamarbejdet (arkitekt, konstruktionsingeniør, driftsherre osv.). I casebeskrivelserne er der tilsvarende under de enkelte procesbeskrivelser anført, hvilke af disse faggrupper, en eventuel gevinst tilfalder. Dette er gjort for at gøre læserne af casebeskrivelserne i stand til at kunne identificere sig med de aktører, der optræder i casene. Udover beskrivelsen af gevinstmulighederne er der beskrevet barrierer i form af omkostninger forbundet med implementeringen, krav til kompetencer m.m., således at læseren på et realistisk niveau har mulighed for at bedømme, om det IKT-koncept, der er beskrevet i casen, kan overføres til hans egen virksomheds- eller projektkontekst med et positivt resultat.

Konsekvenserne ved en implementering af ny teknologi eller arbejdsmetoder ligger imidlertid ikke alene i den enkelte virksomhed, som skal gennemføre implementeringen. Resultaterne er ofte afhængige af de andre parter implementeringer. Derfor er det nødvendigt også at se implementeringen af IKT-konceptet i en projektmæssig sammenhæng, for at se om de andre aktører lever op de forudsætningskrav, der er beskrevet i casebeskrivelserne. Der er dog i casebeskrivelserne en lang række eksempler på implementering, som er en ren optimering af egne, interne processer. Dem kan man koncentrere sig om i første omgang, og så løbende, i takt med de voksende erfaringer og kompetencer i virksomheden, inddrage flere områder for digitalisering.

De potentielle gevinster, der er beskrevet i casebeskrivelserne, er vanskeligere at håndtere, da der ikke er blevet identificeret i de enkelte cases, men alene er forslag til fremtidige anvendelser. Der er dog også her forsøgt beskrevet forudsætningskæden.

Endelig har projektgruppen bestræbt sig på, at foretage så valide målinger som muligt for at give et troværdigt grundlag for beslutninger om implementering. Der er således i casene beskrevet implementeringer, der først har tjent sig hjem efter flere gennemløb, ligesom der er en stor variation i omfanget af gevinsten for forskellige typer af implementering. Her må læseren sortere i budskaberne fra casene og gå efter de teknologier og metoder, der er bedst egnede i den konkrete virksomhedskontekst.

Krav til standardisering i fremtiden

Som nævnt tidligere så er mange af de implementerede teknologier i casene suboptimering af interne processer. Dette har ikke stillet krav til eksistensen af standarder og fælles retningslinjer, og kan være årsagen til, at man under casestudierne ikke i nævneværdig grad er stødt på dette forhold som en afgørende barriere. Imidlertid er der i casene mange eksempler på, at eksistensen af standarder og retningslinjer har været en forudsætning for, at IKT-konceptet kan etableres. Det drejer sig specielt om de IKT-koncepter, hvor der er en stor grad af integration og samarbejde på tværs mellem faggrupperne. Den case, der repræsenterer den største grad af integreret samarbejde er case02, og det er også i denne

case, man kan se den største udnyttelse af standarder og fælles aftaler gennem IKT-specifikationer og ved udveksling i fællesformat mellem mange forskellige platforme.

De cases, der repræsenterer et lavere niveau af integration, har i mange tilfælde ved valg af værktøjer, metoder og udvekslingsprocedurer gået udenom kravene til standardisering og fælles guidelines. Imidlertid vil kravene til standardisering af processer og formater stige i takt med digitaliseringen, og implementeringen af disse må derfor betragtes som en af de største barrierer, sektoren står overfor i fremtiden. Det nye videncenter for produktivitet i byggeriet, cuneco, som kan betragtes som en videreførelse af Det Digitale Byggeri, har fokus på denne problematik. Der er i centret 4 hovedområder for udviklingsprojekter, der alle er rettet imod de standardiseringer, der kan hjælpe byggesektoren i den yderligere digitaliseringsproces, nemlig klassifikation, ejendomsdata, informationsniveauer og arbejdsmetode samt fælles opmålingsregler. Når disse standardiseringsresultater bliver implementeret i software og inddrages i arbejdsmetoderne i virksomhederne vil de integrerede anvendelser af digitaliseringen af byggeriet løftes op på et højere niveau.

Det videre arbejde

Nu foreligger der igennem dette projekt 4 beskrivelser af casestudier, som byggesektoren nu kan anvende ved implementering af digitale værktøjer og metoder. Der foreligger samtidigt et metodeapparat for casestudier, ØG-MM, som andre aktører kan tage op og anvende til yderligere casestudier fremover. Andre aktører kan være forsknings- og uddannelsesinstitutioner, byggeriets vidensinstitutioner og helt ned til de enkelte virksomheder, der ønsker at have en mere systematisk måling af effekterne ved konkrete implementeringer på virksomheds- eller projektniveau. Som supplement til casestudierne vil det være formålstjenligt at gennemføre statistiske undersøgelser og målinger af udviklingstakten i implementeringen af digitaliseringen og BIM på nationalt plan og i sammenligning med de andre nordiske lande og internationalt.

15 Appendix 1: Kilder

15.1 Referencer:

[Andresen] Andresen, J.L., 2001, *A Framework for selecting an IT evaluation method – in the context of construction*, Report 12, DTU Byg, Danmarks Tekniske Universitet.

[E&B] COWI rapport, *Digital forvaltning fra vugge til grav*, Erhvervs- og Byggestyrelsen, juni 2009.

[BIB01] *Bedst i Byggeriets Casebeskrivelser*, 2006, BIT konsortiet, Det Digitale Byggeri.

[BIB02] *Bedst i Byggeriets Metodemanual*, 2006, BIT konsortiet, Det Digitale Byggeri.

[BIPS01] Foreningen bips, *3D arbejdsmetode 2006*, Det Digitale Byggeri, 2006
http://www.ebst.dk/file/4710/3d_arbmetode_endelig

[Erabuild] Kiviniemi, A. et al, 2008, *Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM*, Erabuild.

[CIFE 2007] Gilligan, B. & Kunz, J., 2007, *VDC Use in 2007: Significant Value, Dramatic Growth and Apparent Business Opportunity*, Technical Report #TR171, CIFE, Stanford University.

[CIFE 2008] *Framework & Case Studies Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across projects* fra CIFE, Stanford University 2008.

[CIFE 2009] Senescu, Reid & Haymaker, J., 2009, *Improving Design Process through Collaboration, Sharing, and Understanding*. CIFE Working Paper #WP124, CIFE, Stanford University.

[CRCCI 2009] CRC Construction Innovation, 2009, *National Guidelines for Digital Modeling: Case Studies*. CRC Construction Innovation, Australia

[IT-Barometer] Samuelson, O., Kiviniemi, A. & Howard, R., 2002, *The latest development in communications and e-commerce – IT barometer in 3 Nordic countries*, International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB w78 conference.

[IT-Barometer2000] Samuelson, O., 2002, *IT-Barometer 2000 – the use of IT in the Nordic construction industry*, Electronic Journal of Information Technology in Construction.

[NBS] National Building Specifications, *National BIM Report 2012*, NBS, 2012.
<http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-NationalBIMReport12.pdf>

[NIST] Gallaher, P. Michael et al. *Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry*. National Institute of Standards and Technology, 2004. NIST GCR 04-867

[SmartMarket 2008] Young, Jones & Bernstein, 2008, *SmartMarket Report – Building Information Modeling (BIM)*, McGraw-Hill Construction.

[VEST] Vestergaard, Flemming, *Visionen for Det Digitale Byggeri: En fælles referenceramme for implementeringen*, foredrag holdt på konferencen Implementeringen af Det Digitale Byggeri i undervisningen, København 2007.

15.2 Litteraturliste:

Den samlede litteraturliste ligger i værktøjet *ØG-DDB Litteraturliste*, hvor den anvendte litteratur i projektet er samlet og struktureret i et regneark.

16 Appendix 2: Ordforklaring og definitioner

3D arbejdsmetode	En proces/arbejdsmetode hvori indgår digitale bygningsmodeller som noget centralt. Begrebet er udviklet i forb.m. Det Digitale Byggeri, og beskriver overgangen mellem at anvende geometri-modeller til fuldt integreret BIM. Er her i rapporten ofte anvendt til at beskrive modelkoncepter, der ikke er fuldt integrerede. Synonym: BIM.
3D modellering	En snæver definition er modellering af geometri. Her anvendt til objektorienteret modellering af geometri og andre egenskaber.
Afledt gevinst	En gevinst/effekt, der er placeret i anden proces i anden virksomhed, end den der er underkastet undersøgelse.
BIM	Har to definitioner i litteraturen: 1. Building Information Model, som dækker en datacontainer for projekthinformation. (Synonym: digitale bygningsmodeller) 2. Building Information Modeling, som dækker anvendelsen af modeldata i et livscyklusperspektiv (synonym: Virtual Design and Construction, VDC). I dette projekt anvendes den sidste definition.
BIM baseret	Anvendes i forb. m. værktøjer og metoder, der bygger på digitale bygningsmodeller.
BuildingSmart	International organisation, der arbejder for standardisering indenfor en række områder, specielt udveksling, modelbaseret.
Bygherrekravene	Det sæt af krav statslige/offentlige bygherrer kan stille til digitalisering ved nybyggeri og renovering. Nugældende krav (BEK nr. 1381) er fra 2010.
cuneco	Center for produktivitet i byggeriet. Et centersamarbejde i byggesektoren for etablering af øget standardisering og samarbejde. Forankret hos Foreningen bips.
DBK	Dansk ByggeKlassifikation. Et nationalt klassifikations- og referencesystem udviklet under Det Digitale Byggeri. Forventes afløst af cuneco classification system, ccs, udviklet af cuneco.
Digital bygningsmodel	En fuldt objektorienteret digital model af en bygning. Repræsenterer bygningsdele og rum som objekter.
Direkte gevinst	En gevinst/effekt, der kan identificeres i en undersøgt proces i en virksomhed.

Fagmodel	En digital bygningsmodel indeholdende information i forhold til et fag og/eller et ansvarsområde. Eksempelvis en arkitektfagmodel. Begreb introduceret med 3D arbejdsmetoden.
Fællesmodel	Sammenstilling af to eller flere fagmodeller. Anvendes ofte til koordinering og konsistenskontrol.
Hovedaktiviteter	Begreb, der anvendes i 3D arbejdsmetode. Beskriver de overordnede aktiviteter, der foregår hos alle parter under et projektforløb: Modellering, koordinering, konsistenskontrol, dataudtræk, tegningsgenerering, simulering, visualisering og udveksling.
IFC	Industry Foundation Classes. Et internationalt neutral fællesformat til udveksling af modelinformation mellem byggeriets parter. Udviklet af BuildingSmart.
IKT	Informations og Kommunikation Teknologi. På engelsk: ICT. Et udvidet begreb i forhold til IT (informationsteknologi).
IKT-koncept	Beskriver et setup/konstellation, hvor der anvendes IKT baserede værktøjer og arbejdsmetoder til konkrete byggeprocesser. Begrebet har relation til IDM fra BuildingSmart.
Indirekte gevinst	En gevinst/effekt, der kan identificeres i en anden proces end den der er underkastes undersøgelse.
Informationsdybde	Betegnelse for graden af hvor kompakt en meddelelse er kodet, og dermed graden af det semantiske indhold, dvs. den indholdsmæssige betydning.
Informationsniveau	Udtryk for en bygningsmodels eller et projektmateriales konkretiseringsgrad. Begrebet blev introduceret med DDB's 3D arbejdsmetode. Der er 7 overordnede niveauer.
Integrationsniveau	Et udtryk for graden af integration mellem 2 eller flere parter i et projekt. Der skelnes mellem stadierne intra/inter og koblet/dekoblet.
Modelbaseret	Et værktøj eller en arbejdsmetode, som bygger på en digital bygningsmodel.
Modelniveau	Indikerer hvilket funktionsniveau en model eller modelrepræsentation befinder sig på og hvor stort informationsindholdet er.
Modelrepræsentation	Et udtræk (i betydningen repræsentation) af modelinformationer i en anden form og evt. andet medie. Eksempler er tegninger og styklister.
Målgruppeniveauer	Et udtryk for det hierarki af målgrupper, casesbeskrivelserne hen-

	vender sig til. Projektet henvender sig til virksomhedsniveauet, projektniveauet og sektor/samfundsniveauet.
Objektorientering	Værktøjer og metoder, der anvender digitale repræsentationer af bygningsdele og rum, evt. med egenskabsdata tilknyttet.
Potentialeanalyse	En forberedende aktivitet, hvor mulige rationaliseringsgevinster identificeres før casestudiet.
Potentialeliste	En liste over de effekter og muligheder en vellykket implementering af IKT kan medføre.
RFI	Request For Information. En standard proces, hvor en part kræver information fra en anden.
ROI	Return Of Investment. Økonomisk begreb for afkast, dvs. forholdet mellem gevinst og omkostning/investering.
Samarbejdsniveau	Indikerer den måde de forskellige aktører interagerer på med hensyn til det digitale og modeltekniske samarbejde og det teknologiske niveau, der udveksles projekthinformationer på.
Værdianalyse	En analyse af konsekvenser og effekter ved digitalisering af byggeprocesser. Anvendes til at identificere cases, hvor IKT implementering repræsenterer den største værdi.
ØG-DDB	Forkortelse af projekttitlen: Måling af økonomiske gevinster ved Det Digitale Byggeri.

DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg
Danmarks Tekniske Universitet

Brovej, Bygning 118
2800 Kgs. Lyngby
Telephone 45 25 17 00

www.byg.dtu.dk

DTU Byg Rapport SR 12-06